

the case where  $\Pi > 0$  ( $q^1$  and  $q^2$  are strategic substitutes) and Panels d-f show the case where  $\Pi < 0$  ( $q^1$  and  $q^2$  are strategic complements). Panels a and d show that in the extreme case where  $\gamma\theta = 0$  (firm 1 gets no patent protection),  $R^1(q^2|F) = R^1(q^2|NF)$ . On the other hand, given that  $\beta_A > \beta_B$ , the marginal cost of  $q^2$  is lower in the filing subgame, so  $R^2(q^1|F) > R^2(q^1|NF)$ . Hence, the equilibrium point in the filing subgame,  $F_0$ , lies northwest of the equilibrium point in the no-filing subgame,  $NF$ , if  $\Pi > 0$  and northeast of  $NF$  if  $\Pi < 0$ . As  $\gamma\theta$  increases,  $R^1(q^2|F)$  shifts to the right when  $\Pi > 0$  and to the left when  $\Pi < 0$ . By contrast,  $R^2(q^1|F)$  shifts down irrespective of  $\Pi$ . Panels b and e show that as a result, the equilibrium point in the filing subgame shifts southeast (southwest) from  $F_0$  to  $F$  if  $\Pi > 0$  ( $\Pi < 0$ ). Panels c and f show that when  $\gamma\theta \geq 1 - \beta_A/\beta_B$ ,  $R^2(q^1|F)$  drops below  $R^2(q^1|NF)$ , so  $F$  is attained southeast (southwest) of  $NF$  if  $\Pi > 0$  ( $\Pi < 0$ ). Notice that an increase in  $\gamma\theta$  always leads to decrease in  $q^2$ , but leads to an increase in  $q^1$  if  $\Pi > 0$  and a decrease in  $q^1$  if  $\Pi < 0$ .

Next let  $\pi^1 = \pi^1(q^1, q^2|F)$  and  $\pi^1_{NF} = \pi^1(q^1_{NF}, q^2_{NF}|NF)$  be the Nash equilibrium payoffs of firm 1 in the filing and in the no-filing subgames, and define  $\pi^2$  and  $\pi^2_{NF}$  similarly. Then, we can prove the following result (the proof, along with all other proofs, is in the Appendix A):

**Proposition 1.** (Firm 1's filing decision under the PP system.) There exists a unique critical value of  $\gamma\theta$ , denoted  $\bar{\gamma}\theta$ , where  $\bar{\gamma}\theta \in (0, (1 - \beta_A/\beta_B))$ , such that  $\pi^1 \geq \pi^1_{NF}$  as  $\gamma\theta \geq \bar{\gamma}\theta$ .

Proposition 1 implies that firm 1 files for a patent under the PP system if and only if the effective patent protection,  $\gamma\theta$ , exceeds a threshold level,  $\bar{\gamma}\theta$ . Intuitively, firm 1 does not file for a patent when  $\gamma\theta$  is small because then it loses some of its technological advantage, without enjoying much protection against imitation. As  $\gamma\theta$  increases, patents receive stronger protection so filing becomes more attractive to firm 1. When  $\gamma\theta > \bar{\gamma}\theta$ , firm 1's benefit from raising its chance to block firm 2 from using the new technology exceeds the associated loss of technological advantage and hence firm 1 files for a patent.

Proposition 1 also shows that the threshold  $\bar{\gamma}\theta$  is bounded from above by  $1 - \beta_A/\beta_B$ . This implies that we should expect more patent applications when (i)  $\beta_A$  is high (PP creates a relatively small technological spillover so firm 1 does not lose much by filing for a patent), and (ii)  $\beta_B$  is low (firm 1's interim knowledge gives it only a small advantage over firm 2 and hence firm 1 has little to lose by filing).

**4. Confidential filing**

Absent filing, the expected payoffs of the two firms are still given by Eqs. (3) and (4) and hence the Nash equilibrium in the no-filing subgame continues to be  $(q^1_{NF}, q^2_{NF})$ . Moreover, firm 1's expected payoff when it files for a patent continues to be given by Eq. (1) because it can still prevent firm 2 from bringing the new technology to the product market with probability  $\gamma\theta$ , irrespective of whether its patent application is made public. Hence, the best-response function of firm 1 in the filing subgame remains  $R^1(q^2|F)$ , exactly as in PP system.

The only difference between that PP and the CF systems is that now, firm 2's expected payoff in the filing subgame is no longer given by Eq. (2); instead it is given by

$$\begin{aligned} \pi^2(q^1, q^2|F) = & q^1 [q^2(1-\gamma\theta)\pi_{2F} + (1-q^2)(1-\gamma\theta)\pi_{2N}] \\ & + (1-q^1) [q^2(1-\gamma\theta)\pi_{2M} + (1-q^2)(1-\gamma\theta)\pi_{2I}] - \beta_B C(q^2), \end{aligned} \quad (5)$$

where  $\pi_{2I} \equiv \theta\beta_B + (1-\theta)\beta_B$ . This expression differs from Eq. (2) only in firm 2's cost of R&D, which is now higher and given by  $\beta_B C(q^2)$  instead of  $\beta_A C(q^2)$ . The reason for this is that under the CF system, there is a technological spillover only when a patent is actually granted. This event occurs with probability  $\theta$ ; with probability  $1-\theta$ , firm 1's patent application is rejected and there is no spillover.

The best-response function of firm 2 in the filing subgame,  $R^2(q^1|F)$ , is defined implicitly by  $\frac{\partial \pi^2(q^1, q^2|F)}{\partial q^2} = 0$ . Assumptions A1 and A2 ensure that it is well defined and single valued. Moreover, it is downward sloping in the  $(q^1, q^2)$  space ( $q^1$  and  $q^2$  are strategic substitutes) if  $\Pi > 0$  and upward sloping ( $q^1$  and  $q^2$  are strategic complements) if  $\Pi < 0$ . A Nash equilibrium in the filing subgame,  $(q^1, q^2)$ , is determined by the intersection of  $R^1(q^2|F)$  and  $R^2(q^1|F)$ . Assumptions A1 and A2 ensure that  $(q^1, q^2)$  is unique and lies inside the unit square.

To examine the effect of patent protection on the R&D investments note from Eq. (5) that the likelihood that firm 1 gets a patent,  $\theta$ , affects the filing subgame not only through the effective patent protection,  $\gamma\theta$ , but also through firm 2's cost of R&D. Hence, unlike the PP system, now  $\gamma$  and  $\theta$  do not have the exact same effect on the equilibrium. We begin by noting that as  $\theta$  increases, firm 2 is less likely to use the new technology in the product market, so its marginal benefit from R&D falls. But since firm 2 is also more likely to get access to firm 1's interim knowledge, its marginal cost of R&D falls as well. To examine the net effect, note that

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \pi^2(q^1, q^2|F)}{\partial q^2 \partial \theta} = & -\gamma [q^1(\pi_{2F} - \pi_{2N}) + (1-q^1)(\pi_{2M} - \pi_{2I})] - (\beta_M - \beta_N)C'(q^2) \\ & - \frac{\beta_B}{\beta_A} [q^1(\pi_{2F} - \pi_{2N}) + (1-q^1)(\pi_{2M} - \pi_{2I})] \left[ \left(1 - \frac{\beta_M}{\beta_N}\right) - \gamma \right], \end{aligned}$$

where the second equality follows by substituting for  $C'(q^2)$  from the first order condition,  $\frac{\partial \pi^2(q^1, q^2|F)}{\partial q^2} = 0$  and rearranging terms. Hence, when  $\theta$  increases,  $R^2(q^1|F)$  shifts inward if  $\gamma > 1 - \beta_M/\beta_N$  and outward if  $\gamma < 1 - \beta_M/\beta_N$ . As for firm 1, note that  $\frac{\partial \pi^1(q^1, q^2|F)}{\partial q^1} = \gamma q^2 \Pi$ , so an increase in  $\theta$  shifts  $R^1(q^2|F)$  outward if  $\Pi > 0$  and inward if  $\Pi < 0$ . Hence, when  $\gamma > 1 - \beta_M/\beta_N$ , the situation is similar to the PP case:  $q^1$  increases with  $\theta$  and decreases if  $\Pi < 0$ , while  $q^2$  always decreases with  $\theta$  irrespective of  $\Pi$ . On the other hand, when  $\gamma < 1 - \beta_M/\beta_N$ , an increase in  $\theta$  has an ambiguous effect on the R&D investments.

As for  $\gamma$ , its effect on the R&D investments is similar to the effect of  $\gamma\theta$  under the PP system. That is,  $q^1$  increases with  $\gamma$  if  $\Pi > 0$  and decreases with  $\gamma$  if  $\Pi < 0$ , while  $q^2$  always decreases with  $\gamma$  irrespective of  $\Pi$ . Using  $\pi^1 \equiv \pi^1(q^1, q^2|F)$  and  $\pi^2 \equiv \pi^2(q^1, q^2|F)$  to denote the equilibrium payoffs in the filing subgame, and recalling that as in Section 3, the equilibrium payoffs in the no-filing subgame are  $\pi^1_{NF}$  and  $\pi^2_{NF}$ , we can prove the following result:

**Proposition 2.** (Firm 1's filing decision under the CF system.) For each  $\theta > 0$ , there exists a unique critical value of  $\gamma$ , denoted  $\bar{\gamma}$ , where  $\bar{\gamma} \in (0, 1 - \beta_M/\beta_N)/\theta$ , such that  $\pi^1 \geq \pi^1_{NF}$  as  $\gamma \geq \bar{\gamma}$ .

Proposition 2 implies that given the likelihood of getting a patent,  $\theta$ , firm 1 files for a patent under the CF system if and only if the likelihood that the patent will be upheld in court exceeds a threshold level,  $\bar{\gamma}$ , which is bounded from above by  $(1 - \beta_M/\beta_N)/\theta$ .

**5. The implications of PP for R&D, patenting, and welfare**

Having examined the two filing systems in isolation, we now compare them in order to determine the impact of PP on firm 1's propensity to file for a patent on its interim knowledge, on the R&D investments of the two firms, and on consumer surplus and social welfare.

**5.1. The effect of PP on patenting behavior and on the R&D investments**

As a preliminary step, we begin by comparing the equilibrium R&D investments and expected payoffs under the two filing systems, assuming that firm 1 files for a patent (note however that firm 1 need not have the same propensity to file for a patent under the two systems). We do not need to make a similar comparison when firm 1 does not file for a patent since then PP is irrelevant.



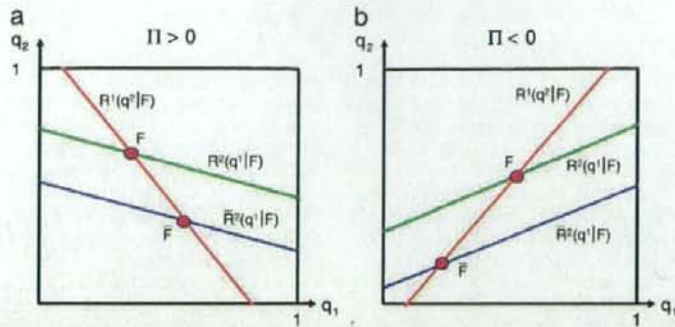


Fig. 3. Comparing the equilibrium in the filing subgame under the PP and the CF systems.

404 **Lemma 1.** (Comparing the equilibrium investment levels and expected  
405 payoffs in the filing subgame under the two filing systems.) Suppose that  
406 firm 1 files for a patent under both systems. Then,

- 407 (i)  $q_1^* > \hat{q}_1^*$ ,  $q_2^* < \hat{q}_2^*$  if  $\Pi > 0$ , and  $q_1^* < \hat{q}_1^*$  if  $\Pi < 0$ ,  
408 (ii)  $\pi_1^* < \hat{\pi}_1^*$ , and  $\pi_2^* > \hat{\pi}_2^*$  if  $\Pi > 0$ .

409 The intuition behind Lemma 1 is illustrated in Fig. 3. The expected  
410 marginal cost of firm 2 is higher under the CF system since then there  
411 is a technological spillover only if and when firm 1 gets a patent.  
412 Consequently,  $\hat{R}^2(q_2|F)$  lies below  $R^2(q_2|F)$ . Since the best-response  
413 function of firm 1,  $R^1(q_1|F)$ , is the same under the two systems, the  
414 equilibrium point under PP,  $F$ , is attained northwest of the equilibrium  
415 point under CF,  $\hat{F}$ , if  $\Pi > 0$  and northeast of  $\hat{F}$  if  $\Pi < 0$ . Part (ii) of Lemma  
416 1 shows that firm 1 is worse-off filing for a patent under PP; intuitively  
417 this is because PP creates a larger technological spillover than CF. Part  
418 (ii) of the lemma also shows that whenever  $\Pi > 0$ , firm 2 is better-off  
419 under PP. This is due not only to the larger technological spillover that  
420 firm 2 enjoys under PP, but also due to the fact that whenever  $\Pi > 0$ ,  
421 firm 1 invests less in R&D and is therefore less likely to bring the new  
422 technology to the product market. When  $\Pi < 0$ , firm 1 invests more  
423 under PP so the overall effect of PP on firm 2 is ambiguous.

424 We are now ready to compare firm 1's propensity to file for a  
425 patent under the two systems.

426 **Proposition 3.** (Firm 1's filing decision under the PP and CF filing  
427 systems.) Firm 1 does not file for a patent under both filing systems if  
428  $\gamma \leq \hat{\gamma}$ , files for a patent under both systems if  $\gamma > \hat{\gamma}$ , and files for a  
429 patent only under the CF system if  $\hat{\gamma} < \gamma < \hat{\gamma}\theta/\theta$ .

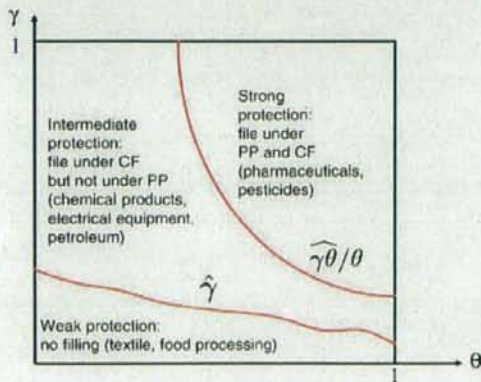


Fig. 4. Firm 1's filing decision under the PP and CF filing systems.

Proposition 3 is illustrated in Fig. 4 in the  $(\theta, \gamma)$  space. When  $\gamma \leq \hat{\gamma}$ ,  
430 patents receive weak protection since they are relatively hard to  
431 defend in court. Consequently, firm 1 does not file for a patent under  
432 neither filing system. Examples for industries with weak patent  
433 protection include some mature industries like textile, food proces-  
434 sing, and fabricated metal products (Arundel and Kabla, 1998; Levin  
435 et al., 1987). When  $\gamma > \hat{\gamma}\theta/\theta$  patents receive strong protection since  
436 they are likely to be upheld in court; hence, firm 1 files for a patent  
437 under both filing systems. Examples for industries where patents are  
438 regarded as providing strong protection include pharmaceuticals,  
439 organic chemicals, and pesticides (Arundel and Kabla, 1998; Levin  
440 et al., 1987; Mansfield, 1986). Finally, when  $\hat{\gamma} \leq \gamma \leq \hat{\gamma}\theta/\theta$ , patent pro-  
441 tection is intermediate and firm 1 files for a patent only under the CF  
442 system. Industries where patents provide an intermediate protection  
443 (relative to alternatives such as, secrecy, securing a lead time  
444 advantage over rivals, learning curve advantages, and investment in  
445 sales or service efforts), include chemical products, relatively  
446 uncomplicated mechanical equipment, electrical equipment, and  
447 petroleum (Levin et al., 1987; Mansfield, 1986).  
448

Proposition 3 has at least three important implications for PP  
449 which are now stated in the following corollaries. First, Proposition 3  
450 implies that there are parameter values for which firm 1 files for a  
451 patent under the CF system but not under the PP system. Hence,  
452

453 **Corollary 1.** PP has an adverse effect on the propensity to file for patents.

Corollary 1 suggests that PP may discourage the dissemination of  
454 R&D knowledge, contrary to what many proponents of this system  
455 argue.<sup>15</sup> The reason of course is that proponents of PP overlook the fact  
456 that PP has an adverse effect on the propensity to file for patents. This  
457 adverse effect of PP confirms Gilbert's (1994) intuition that "There is at  
458 least a theoretical potential for the publication of applications prior to  
459 the patent grants to have adverse incentive effects because of the  
460 potential for appropriation of the intellectual property when no  
461 patents are ever issued. To avoid appropriation of intellectual  
462 property, some inventors who otherwise would apply for patents  
463 might rely instead on trade secrets protection." Proposition 3 qualifies  
464

<sup>15</sup> For example, in a Congress hearing in February 1997, Rep. Howard Coble (then the chairman of the subcommittee on Courts and Intellectual Property) stated that PP "... will benefit American inventors, innovators, and society at large ... by furthering the constitutional incentive to disseminate information regarding new technologies more rapidly ...". Similarly, Rep. Sue W. Kelly, argued that "It's also an imperative that we have an 18-month publication of patent applications for all inventors .... How can we say that our businesses do not need to know about technology until actually a patent issues? We cannot in good conscious make such judgments because we neither know which technological inventions may be industry-critical, nor from whom or from what source such inventions will arise. Both statements appear in [http://commdocs.house.gov/committees/judiciary/hju40523.000/hju40523\\_0f.htm](http://commdocs.house.gov/committees/judiciary/hju40523.000/hju40523_0f.htm).



465 this argument by suggesting that this adverse effect of PP pertains to  
466 only to industries in which patent protection is intermediate.

467 **Corollary 2.** When patent protection is strong, PP leads to an increase in  
468  $q^2$  and a decrease (increase) in  $q^1$  if  $\Pi > 0$  ( $\Pi < 0$ ). When patent protection  
469 is intermediate and  $\gamma\theta \geq 1 - \frac{\beta_H}{\beta_L}$ , PP leads to a decrease in  $q^2$  and an  
470 increase (decrease) in  $q^1$  if  $\Pi > 0$  ( $\Pi < 0$ ). If  $\gamma\theta < 1 - \frac{\beta_H}{\beta_L}$ , then PP has an  
471 ambiguous effect on  $q^1$  and  $q^2$ .

472 Tepperman (2002) studies the effect of Canada's 1989 Patent Act  
473 reform that led to a switch from a confidential filing system with a  
474 first-to-invent priority rule to a PP system with a first-to-file priority  
475 rule on the behavior of 84 Canadian firms from various industries. He  
476 finds that on average, firms have increased their R&D spending  
477 following the reform. Corollary 2 shows that on a theoretical ground,  
478 PP has an ambiguous effect on investments in R&D. Tepperman also  
479 finds that following the reform, firms have increased their patenting  
480 intensity. Although this finding is inconsistent with Corollary 1, one  
481 should bear in mind that Tepperman examines the combined effect of  
482 a switch from CF to PP and from first-to-invent to first-to-file, whereas  
483 we only examine the effect of a switch from CF to PP.<sup>16</sup>

484 **Corollary 3.** PP hurts firm 1 when patent protection is strong or  
485 intermediate but it may benefit firm 2.

486 When patent protection is weak, firm 1 does not file for a patent so  
487 PP is irrelevant. When patent protection is strong, firm 1 files for a  
488 patent under both systems, but PP hurts it because it leads to a larger  
489 technological spillover. PP also hurts firm 1 when patent protection is  
490 intermediate, because then firm 1 chooses to file for a patent only  
491 under the CF system. Since  $\pi_{1F}^*$  is the same under the PP and CF  
492 systems, it follows from revealed preferences that firm 1's choice to  
493 file under the CF system means that it must be better-off than under  
494 the PP system. Putnam (1997) estimates that PP is associated with a  
495 \$479 decrease in the mean value of patents. In our model, firm 1's loss  
496 is even larger since Putnam's estimate is conditional on a patent being  
497 granted, while we examine the impact of PP on the unconditional  
498 expected profit of firm 1.

499 In the context of our model, it is natural to assume that small  
500 inventors will mainly play the role of firm 1, because they often lack  
501 the capacity and resources needed to absorb the technological  
502 spillovers generated by other firms. Corollary 3 may then explain  
503 why the main opposition for adopting a PP system in the U.S. came  
504 from small and independent inventors, while the main support for PP  
505 came from large corporations.

## 506 5.2. The implications of PP for consumer surplus and social welfare

507 In this section, we study the implications of the technological  
508 spillover effect of PP on consumers' surplus and social welfare. Our  
509 analysis is done from an ex post point of view since at this point we  
510 still have not examined the implications of PP for the incentive of the  
511 two firms to accumulate interim R&D knowledge.

512 Let  $s_{yy}$  be the net present value of consumer surplus when both  
513 firms develop the new technology, and define  $s_{yn}$  and  $s_{nn}$  similarly for  
514 the cases where only one firm, and when neither firm develop it. The  
515 corresponding social welfare is given by the sum of consumer surplus  
516 and firms' profits, so  $w_{yy} = s_{yy} + 2\pi_{yy}$ ,  $w_{yn} = s_{yn} + \pi_{yn} + \pi_{ny}$ , and  
517  $w_{nn} = s_{nn} + 2\pi_{nn}$ . Since the comparison between consumer surplus and social  
518 welfare under the two filing systems is in general very complex, we  
519 shall impose the following assumption:

520 **A3.**  $C(q) = r q^2 / 2$ , where  $r > 11$ .

521 Given Assumption A3, it is straightforward to show that the  
522 equilibrium levels of investment in the filing subgame under the PP  
523 system are

$$484 \quad q_1^* = \frac{(\pi_{yn} - \pi_{nn})(r\beta_L - (1-\gamma\theta)^2\Pi)}{r^2\beta_L - (1-\gamma\theta)^2\Pi^2}, \quad q_2^* = \frac{(\pi_{yn} - \pi_{nn})(1-\gamma\theta)(r-\Pi)}{r^2\beta_L - (1-\gamma\theta)^2\Pi^2}. \quad (6)$$

524 The corresponding levels of investment under the CF system,  $\hat{q}_1^*$   
525 and  $\hat{q}_2^*$ , are similar except that  $\beta_H$  replaces  $\beta_L$ . In the no-filing subgame,  
526 the equilibrium levels of investment,  $\hat{q}_{1F}^*$  and  $\hat{q}_{2F}^*$ , are given also given  
527 by Eq. (6), with  $\theta = 0$  and with  $\beta_H$  replacing  $\beta_L$ . By Assumption A3,  
528  $r > 11$ ; together with the assumption that  $\beta_H \geq \beta_L > 1 \geq 1 - \gamma\theta$ , this ensures  
529 that the equilibrium investments levels are all strictly between 0  
530 and 1.

531 Substituting the equilibrium levels of investment into Eqs. (1)  
532 and (5) and recalling from Propositions 1 and 2 that  $\bar{y}\theta$  is implicitly  
533 defined by  $\pi_{1F}^* = \pi_{1CF}^*$  and  $\bar{y}$  is implicitly defined by  $\pi_{1F}^* = \pi_{1CF}^*$ , we can  
534 establish the following result:

535 **Lemma 2.** Given Assumption A3, patent protection is:

- 536 (i) strong if  $\gamma > \bar{y}\theta / \theta = \frac{1 - \sqrt{\beta_H/\beta_L}}{\theta}$ ,  
537 (ii) intermediate if  $\gamma = \frac{1 - \sqrt{\beta_H/\beta_L}}{\theta} < \bar{y} < \frac{1 + \sqrt{\beta_H/\beta_L}}{\theta}$ ,  
538 (iii) weak if  $\gamma < \frac{1 - \sqrt{\beta_H/\beta_L}}{\theta}$ .  
539

540 In addition to Assumption A3, we also make the following  
541 assumptions:

542 **A4.**  $s_{yy} \geq s_{yn} \geq s_{nn}$ ,  $s_{yy} - s_{yn} \geq s_{yn} - s_{nn} > \pi_{nn} - \pi_{ny}$

543 **A5.**  $w_{yy} \geq w_{yn} \geq w_{nn}$

544 Assumption A4 implies that the net present value of consumer  
545 surplus is increasing with the number of firms that use the new  
546 technology at an increasing rate. It also implies that the welfare gain to  
547 consumers when only one firm uses the new technology outweighs  
548 the associated loss to the firm that does not use the new technology.  
549 Assumption A5 implies that social welfare is increasing with the  
550 number of firms that use the new technology. Both assumptions hold  
551 in a broad class of oligopoly models; for instance, when the new  
552 technology is cost reducing. Assumptions A4 and A5 hold in the  
553 Cournot model with homogeneous products and a linear demand and  
554 in the Bertrand model with linear cost functions.

### 555 5.2.1. Expected consumers' surplus

556 Holding firm 1's interim R&D knowledge constant across the two  
557 filing systems, the ex-post expected consumer surplus under both  
558 systems when firm 1 files for a patent is,

$$559 \quad S(q^1, q^2|F) = q^1 q^2 (1-\gamma\theta) s_{yy} + (1-q^1)(1-q^2)(1-\gamma\theta) s_{nn} \\ + [q^1(1-q^2)(1-\gamma\theta) + (1-q^1)q^2(1-\gamma\theta)] s_{yn}. \quad (7)$$

560 Likewise, the ex-post expected consumer surplus under both  
561 systems absent filing is given by,

$$562 \quad S(q^1, q^2|NF) = q^1 q^2 s_{yy} + (1-q^1)(1-q^2) s_{nn} + [q^1(1-q^2) + (1-q^1)q^2] s_{yn}. \quad (8)$$

563 Let  $S_F \equiv S(q_1^*, q_2^*|F)$  be the equilibrium expected value of consumer  
564 surplus under the PP system when there is filing, and define  $S_C \equiv S(q_1^*,$   
565  $q_2^*|CF)$  similarly for the CF system. When firm 1 does not file for a patent,  
566 PP plays no role and the equilibrium expected value of consumer  
567 surplus under both filing systems is given by  $S_{NF} \equiv S(q_{1F}^*, q_{2F}^*|NF)$ .  
568

16 Green and Scotchmer (1990) show that firms have stronger incentives to invest in R&D and to file for patents under the first-to-file rule than under the first-to-patent rule. This result can explain Tepperman's findings.



When patent protection is strong, firm 1 files for a patent under both systems. Hence, we need to compare  $S_F$  and  $S_{NF}$ . Substituting for  $q^1$  and  $q^2$  from Eqs. (6) into (7) yields

$$S_F = s_{nn} + \frac{(\pi_{yn} - \pi_{nn})^2 (1-\gamma\theta)^2 (r-1I) (r\beta_L - (1-\gamma\theta)^2 \Pi) s}{(r^2 \beta_L - (1-\gamma\theta)^2 \Pi)^2} + \frac{(\pi_{yn} - \pi_{nn}) (r\beta_L + (1-\gamma\theta)^2 (r-2II)) (s_{yn} - s_{nn})}{r^2 \beta_L - (1-\gamma\theta)^2 \Pi^2} \quad (9)$$

where  $s \equiv s_{yy} + s_{nn} - 2s_{yn} > 0$  by Assumption A4. The expression for  $S_F$  is identical, except that  $\beta_n$  replaces  $\beta_L$ .

In the intermediate protection case, firm 1 files for a patent under the CF system but not under the PP system. Therefore, we need to compare  $S_F$  and  $S_{NF}$ , where  $S_{NF}$  is also given by Eq. (9) when it is evaluated at  $\gamma\theta=0$  and with  $\beta_H$  replacing  $\beta_L$ .

**Proposition 4.** (The effect of PP on consumers.) Suppose that Assumptions A3 and A4 hold and patent protection is intermediate or strong, i.e.,  $\gamma \geq \hat{\gamma}$  (otherwise PP is irrelevant). Then PP enhances consumer surplus. Moreover, when patent protection is intermediate, the increase in consumer surplus due to PP is larger when  $\gamma$  is larger.

Intuitively, in the strong protection case ( $\gamma \geq \frac{1-\sqrt{\beta_n/\beta_H}}{\theta}$ ), firm 1 files for a patent under both filing systems. As Lemma 1 shows, PP induces both firms to invest more if  $II < 0$ , so consumers are better-off as the new technology is more likely to reach the product market. When  $II > 0$ , PP induces firm 2 to invest more and induces firm 1 to invest less. Given Assumption A3, the former effect dominates, so once again consumers are better-off under PP. Things are more subtle when patent protection is intermediate ( $\frac{1-\sqrt{\beta_n/\beta_H}}{\theta} < \gamma < \frac{1-\sqrt{\beta_L/\beta_H}}{\theta}$ ), because then firm 1 files for a patent only under the CF system. As  $\gamma$  increases, patents are more likely to be upheld in court, so firm 1 is more likely to block firm 2 from using the new technology in the product market; hence, consumer surplus under the CF system,  $S_C$ , decreases with  $\gamma$ . Under the PP system, firm 1 does not file for a patent, so the resulting consumer surplus,  $S_{NF}$ , is independent of  $\gamma$ . Noting that  $S_F = S_{NF}$  when  $\gamma = \frac{1-\sqrt{\beta_n/\beta_H}}{\theta}$ , it follows that  $S_{NF} > S_C$  and moreover,  $S_{NF} - S_C$  is increasing with  $\gamma$ .

5.2.2. Expected social welfare

Holding firm 1's interim R&D knowledge constant across the two filing systems, the (ex post) expected social welfare when firm 1 files for a patent is  $W_F = S_F + \pi_1^1 + \pi_2^1$  under the PP system, and  $W_C = S_C + \pi_1^1 + \pi_2^1$  under the CF system. When firm 1 does not file for a patent, the (ex post) expected social welfare is  $W_{NF} = S_{NF} + \pi_1^1 + \pi_2^1$ . When patent protection is strong, firm 1 files for a patent under both systems, so the equilibrium expected social welfare is  $W_F$  under PP and  $W_C$  under CF. Given Assumption A3 and using Eqs. (1), (2), (6), and (9),

$$W_F = w_{nn} + \frac{(\pi_{yn} - \pi_{nn})^2 (1-\gamma\theta)^2 (r-1I) (r\beta_L - (1-\gamma\theta)^2 \Pi) s}{(r^2 \beta_L - (1-\gamma\theta)^2 \Pi)^2} + \frac{(\pi_{yn} - \pi_{nn}) (r\beta_L + (1-\gamma\theta)^2 (r-2II)) (s_{yn} - s_{nn} + \pi_{ny} - \pi_{nn})}{r^2 \beta_L - (1-\gamma\theta)^2 \Pi^2} + \frac{(\pi_{yn} - \pi_{nn})^2 r ((r\beta_L - (1-\gamma\theta)^2 \Pi)^2 + \beta_L (1-\gamma\theta)^2 (r-1I)^2)}{2(r^2 \beta_L - (1-\gamma\theta)^2 \Pi)^2} \quad (10)$$

The expression for  $W_C$  is identical except that  $\beta_n$  replaces  $\beta_L$ .

In the intermediate protection case, firm 1 files for a patent only under the CF system, so the equilibrium expected social welfare is  $W_C$

under CF and  $W_{NF}$  under PP, where  $W_{NF}$  is identical to  $W_C$  except that  $\gamma\theta=0$  and  $\beta_H$  replaces  $\beta_L$ .

**Proposition 5.** (The welfare implications of PP.) Suppose that Assumptions A3–A5 hold and let

$$\hat{r}(\beta) = \frac{\Pi(Y^2 + \sqrt{\beta Y + \beta - (1-\gamma\theta)^2})}{\sqrt{\beta Y}}, \quad Y = (\sqrt{\beta - (1-\gamma\theta)})^2 (\sqrt{\beta} + (1-\gamma\theta))^2$$

Then,

- (i) a sufficient condition for PP to enhance ex-post expected welfare when patent protection is strong is  $r > \hat{r}(\beta_n)$
- (ii) a sufficient condition for PP to enhance (lower) ex-post expected welfare when patent protection is intermediate is  $r > \hat{r}(\beta_n)$  and  $\gamma < (>) \frac{\beta_n - \beta_H}{\beta_n + \beta_H}$ ; moreover, when these conditions hold, the welfare gain (loss) from PP is larger (smaller) the larger is  $\gamma$ .

Proposition 5 reveals that the welfare effect of PP depends on  $r$ , which measures the slope of the marginal cost of R&D. Intuitively, the R&D cost functions are convex; hence, all else equal, a more even allocation of investments between the two firms generates an efficiency gain which increases with  $r$ . When patent protection is intermediate, things also depend on  $\gamma$ , which is the likelihood that firm 1's patent is upheld in court. As  $\gamma$  increases, firm 2 becomes less likely to use the new technology and this lowers expected social welfare under the CF system, where firm 1 files for a patent. Under PP,  $\Delta$  does not file for a patent so there is no similar negative effect.

5.3. The timing of PP

In countries that have already adopted the PP system, patent applications are published at 18 months from the filing date (Ragusa, 1992). We now examine the impact of the timing of publication on social welfare. To this end, we shall assume that an earlier PP leads to a drop in  $\beta_L$  by generating a larger technological spillover when firm 1 files for a patent.

**Proposition 6.** (The effect of cutting the time between the filing date and the publication date.) Suppose that Assumptions A3–A5 hold. Then, as  $\beta_L$  falls (publication is made earlier), there are fewer patent applications under the PP system, but so long as  $r \geq \hat{r}(\beta_L)$ , the welfare gain from PP, conditional on filing for a patent, grows larger.

Proposition 6 shows that earlier publication of patent applications has mixed welfare effects: on the one hand, it increases the cost of patenting, so less R&D knowledge is disseminated. On the other hand, conditional on patents being filed, the welfare gain from PP increases at least when the cost of R&D is sufficiently convex (note that this is also the condition for PP to be socially desirable). These results are in line with Bloch and Markowitz (1996) who study the effects of delays in the mandatory disclosure of interim R&D knowledge on the incentives to invest in a multi-stage R&D race. They find that shorter disclosure delays weaken the incentives to accumulate interim R&D knowledge, but conditional on an initial discovery being made, shorter disclosure delays enhance welfare by decreasing the expected time of discovering the final commercial product.

6. Ex post licensing

So far we have assumed that when firm 1 holds a patent, it always sues firm 2 for patent infringement when firm 2 develops the new technology. In this section we relax this assumption. Assuming that  $\pi_{yn} + \pi_{ny} > 2\pi_{yy}$ , firm 1 will continue to sue firm 2 for patent infringement when both firms manage to develop the new technology



because the joint payoff when firm 1 wins in court,  $\pi_{yn} + \pi_{ny}$ , exceeds the joint payoff when firm 1 does not sue,  $2\pi_{yy}$ .

Things are different however when firm 1 fails to develop the new technology, while firm 2 succeeds. In that case firm 1 can issue firm 2 an (ex post) license, which ensures that it will not to sue firm 2; in return, firm 2 pays firm 1 a license fee. The resulting joint payoff of the two firms is then  $\pi_{yn} + \pi_{ny}$ . Without ex post licensing, firm 1 sues firm 2 and with probability  $\gamma$  it wins in court and prevents firm 2 from using the new technology. The resulting joint payoff of the two firms is then  $2\pi_{nn}$ . With probability  $1 - \gamma$ , firm 2 wins in court and is then free to use the new technology, so the joint payoff of the two firms is  $\pi_{yn} + \pi_{ny}$ , exactly as in the case of ex post licensing. Comparing the joint payoff of the two firms under ex post licensing,  $\pi_{yn} + \pi_{ny}$ , with their joint payoff absent ex post licensing,  $2\gamma\pi_{nn} + (1 - \gamma)(\pi_{yn} + \pi_{ny})$ , reveals that ex post licensing is efficient and generates an expected surplus of  $\gamma(\pi_{yn} + \pi_{ny} - 2\pi_{nn})$ .

To examine the implications of ex post licensing, suppose that firms 1 and 2, divide the expected surplus from ex post licensing,  $\gamma(\pi_{yn} + \pi_{ny} - 2\pi_{nn})$ , between them in proportions  $\alpha$  and  $1 - \alpha$ . Moreover, note that ex post licensing matters only when firm 1 files for a patent, a patent is granted, firm 1 fails to develop the new technology, and firm 2 succeeds. The probability of this event is  $\theta(1 - q^1)q^2$ . Hence, ex post licensing increases the expected payoffs of firms 1 and 2 in the filing subgame by

$$\Delta\pi^1(q^1, q^2|F) = \theta(1 - q^1)q^2\alpha\gamma(\pi_{yn} + \pi_{ny} - 2\pi_{nn}),$$

and

$$\Delta\pi^2(q^1, q^2|F) = \theta(1 - q^1)q^2(1 - \alpha)\gamma(\pi_{yn} + \pi_{ny} - 2\pi_{nn}).$$

Two observations are now immediate. First,  $\Delta\pi^1(q^1, q^2|F) > 0$ , so ex post licensing has a direct positive effect on firm 1's payoff when it files for a patent. Second,  $\Delta\pi^1(q^1, q^2|F)$  falls with  $q^1$ , while  $\Delta\pi^2(q^1, q^2|F)$  increases with  $q^2$ , so the best-response function of firm 1 in the filing subgame (under both PP and CF) shifts inward, while the best-response function of firm 2 shifts outward. Since  $\pi_{yn} + \pi_{ny} > 2\pi_{yy} - \pi_{yy} + \pi_{nn}$ , the best-response functions of the two firms are strategic substitutes ( $\Pi > 0$ ). Consequently, ex post licensing induces firm 1 to invest less in R&D in the filing subgame, and it induces firm 2 to invest more. Since this indirect effect lowers the equilibrium profit of firm 1 in the filing subgame, the overall effect of ex post licensing on firm 1's incentive to file for a patent is in general ambiguous. Nonetheless, given that the direct and indirect effects of ex post licensing on firm 1's payoff are the same under the PP and CF systems, ex post licensing does not affect the main qualitative conclusions of our analysis.

## 7. The incentives to accumulate interim R&D knowledge

Up to this point, we have focused on the implications of PP after firm 1 has already accumulated enough interim knowledge to file for a patent. In this section we ask how PP affects the firms' incentives to accumulate interim R&D knowledge in the first place. To this end, let  $B$  denote the difference between the expected profits of firm 1 (the leading firm) and firm 2 (the lagging firm). We argue that the filing system that leads to a higher  $B$ , provides a stronger incentive to accumulate interim R&D knowledge. As before, we only need to study the strong and intermediate protection cases because PP is irrelevant when patent protection is weak.

<sup>17</sup> The assumption that  $\pi_{yn} + \pi_{ny} > 2\pi_{yy}$  holds trivially when firms 1 and 2 are Bertrand competitors with linear cost functions and the new technology is cost-reducing, because then  $\pi_{yn} = 0 = \pi_{yy} = \pi_{nn} = \pi_{ny}$ . Likewise, this assumption holds when firms 1 and 2 are Cournot competitors with linear demand and cost functions and the new technology is sufficiently cost reducing. To illustrate, suppose that the inverse demand function is  $P = A - x_1 - x_2$ , where  $x_i$  is the output of firm  $i = 1, 2$ , and let firm  $i$ 's marginal cost be 0 if it develops the new technology and  $k < A/2$  otherwise. Then,  $\pi_{yn} = (A + k)^2/9$ ,  $\pi_{yy} = A^2/9$ ,  $\pi_{nn} = (A - k)^2/9$ , and  $\pi_{ny} = (A - 2k)^2/9$ , so  $\pi_{yn} + \pi_{ny} > 2\pi_{yy}$  provided that  $k > 2A/5$ .

In the strong protection case, firm 1 files for a patent under both filing systems, so  $B = B_F \equiv \pi_1^y - \pi_2^y$  under the PP system, and  $B = B_C \equiv \pi_1^y - \pi_2^y$  under the CF system. Hence, the effect of PP depends on the sign of  $B_F - B_C$ . By Lemma 1, when  $\Pi > 0$ , then  $\pi_1^y < \pi_2^y$  and  $\pi_1^y > \pi_2^y$ , so it is clear that  $B_F < B_C$ . When  $\Pi < 0$ , the relationship between  $\pi_1^y$  and  $\pi_2^y$  is in general ambiguous. To examine the sign of  $B_F - B_C$ , we therefore impose Assumption A3. Using Eqs. (1), (2), and (6),

$$B_F = \frac{(\pi_{yn} - \pi_{nn})(\pi_{yn} + \pi_{nn} - 2\pi_{ny})r(\beta_1 - (1 - \gamma)\theta^2)}{2(r^2\beta_1 - (1 - \gamma)\theta^2)\Pi^2} \quad (11)$$

$B_C$  is given by the same expression except that  $\beta_3$  replaces  $\beta_1$ .

When protection is intermediate, PP induces firm 1 to stop filing for a patent, so as before,  $B = B_C$ . The effect of PP, then, depends on the sign of  $B_F - B_C$  where  $B_F$  is given by Eq. (11) with  $\beta_3$  replacing  $\beta_1$  and with  $\theta = 0$ .

**Proposition 7.** (The effect of PP on the incentives to accumulate interim R&D knowledge.) Given Assumption A3, PP weakens the incentive to accumulate R&D knowledge both when patent protection is strong and when it is intermediate. The negative effect of PP on the incentive to accumulate interim R&D knowledge decreases with  $\theta$  when patent protection is strong but increases with  $\gamma$  when patent protection is intermediate.

Proposition 7 supports the concern that PP might discourage investments in R&D. Given the importance of R&D knowledge, this adverse effect of PP should be given a serious consideration. In addition, the proposition shows that as patents become more likely to be upheld in court, this drawback of PP becomes less significant if patent protection is strong, but more significant if patent protection is intermediate. The reason for this difference is that when protection is strong, firm 1 files for a patent under both filing systems. As patents become more likely to be upheld in court, PP is less detrimental to firm 1 and less beneficial to firm 2, so its negative effect on the incentive to accumulate interim knowledge diminishes. When patent protection is intermediate, firm 1 does not file for a patent under the PP system, so  $\gamma$  does not affect the incentive to invest. But, since an increase in  $\gamma$  boosts the incentive to invest under the CF system, the detrimental effect of PP on the incentive to invest (i.e., the difference between  $B_F$  and  $B_C$ ) increases.

## 8. Conclusion

We have studied a cumulative innovation model in which one firm has accumulated interim R&D knowledge and needs to decide whether or not to apply for a patent. The benefit from applying is that if a patent is granted, the firm can sue its rival for patent infringement in case the rival successfully develops a new commercial technology. Applying for a patent is costly however because it creates a technological spillover which diminishes the technological advantage of the applicant. This spillover is larger under a PP system because then the rival gets access to the applicant's knowledge through the patent application (even if eventually the application is turned down) rather than through the actual patent (if and when it is granted). Our analysis focuses on the implications of this spillover effect.

Our results suggest that PP discourages patent applications in industries in which patent protection is intermediate and may weaken the incentives to invent. At the same time, holding the number of inventions fixed, PP may raise the likelihood that new technologies will reach the product market and may therefore benefit consumers and may also enhance social welfare.

Although our model is quite general (we do not assume a particular type of competition in the product market, we do not need to distinguish between product and process inventions, and we derive many of the results without assuming a particular functional form for the R&D cost functions), it is clear that further analysis is needed before we have a



good understanding of the implications of PP. In what follows we briefly mention three possible extensions. First, in a dynamic model of R&D in which firms continuously accumulate interim R&D knowledge, firms need to decide not only whether to apply for a patent but also when to do it. Filing early is risky because the application is less likely to be accepted; on the other hand, an early filing contains less knowledge and hence leads to a smaller technological spillover. Applying early can also play a defensive role because the firm is not only able to sue rivals earlier, but can also preempt rivals from getting their own patent. This ensures that the firm will not be sued for patent infringement by rivals.

Second, it is possible to extend our analysis by allowing firm 1 to strategically decide how much interim knowledge to include in its patent application: including more knowledge increases the probability that a patent will be granted but also increases the degree of technological spillover.

Third, when firms have private information regarding the extent of their interim R&D knowledge (or even the fact that they are trying to develop the new technology), PP reveals this information to rivals earlier and for sure. This will obviously affect the incentives to file. Moreover, firms may be tempted to abuse the PP system and file for a patent in order to fool their rivals into believing that they are ahead in the race. At the same time, PP may eliminate “submarine” patents, by giving firms a due warning about patent applications which are in the pipeline.<sup>18</sup>

Appendix A

Following are Lemma A1, and the proofs of Lemmas 1–2, Propositions 1–7, and Corollaries 2–3.

**Lemma A1.** *The effect of patent protection on the equilibrium R&D investments under the two filing systems:*

- (i)  $\frac{\partial q_i^I}{\partial(\gamma\theta)} < 0$  while the sign of  $\frac{\partial q_i^I}{\partial(\gamma\theta)}$  is equal to the sign of  $\Pi$ . Moreover,  $q_i^I > q_i^{NF}$  when  $\gamma\theta = 0$  and conversely when  $\gamma\theta = 1 - \beta_A/\beta_N$ .
- (ii)  $\frac{\partial q_i^F}{\partial(\gamma\theta)} < 0$  while the sign of  $\frac{\partial q_i^F}{\partial(\gamma\theta)}$  is equal to the sign of  $\Pi$ . Moreover,  $q_i^F > q_i^{NF}$  when  $\gamma = 0$  and conversely when  $\gamma = (1 - \beta_A/\beta_N)/\theta$ .

**Proof of Lemma A1.**

(i) The Nash equilibrium in the filing subgame is implicitly defined by the equations  $\frac{\partial \pi^I(q^I, q^F, \theta)}{\partial q^I} = 0$  and  $\frac{\partial \pi^I(q^I, q^F, \theta)}{\partial q^F} = 0$ . Differentiating this system with respect to  $\gamma\theta$  yields:

$$\frac{\partial q_i^I}{\partial(\gamma\theta)} = \frac{\Pi [(1-\gamma\theta)(q_i^I(\pi_{yy} - \pi_{yy}) + (1-q_i^I)(\pi_{yn} - \pi_{nn})) + \beta_N q_i^I C'(q_i^I)]}{\beta_N C'(q_i^I) C'(q_i^I) - \Pi^2 (1-\gamma\theta)^2}$$

and

$$\frac{\partial q_i^F}{\partial(\gamma\theta)} = \frac{-\Pi^2 (1-\gamma\theta)(q_i^I - q_i^F)(\pi_{yy} - \pi_{yy}) + (1-q_i^I)(\pi_{yn} - \pi_{nn}) C'(q_i^I)}{\beta_N C'(q_i^I) C'(q_i^I) - \Pi^2 (1-\gamma\theta)^2}$$

where  $\Pi \equiv \pi_{yn} + \pi_{ny} - \pi_{yy} - \pi_{nn}$ . By Assumption A2,  $C'(q_i^I)C'(q_i^F) > \Pi^2$ ; together with the fact that  $\beta_N > 1$ , it follows that the denominator in both expressions is strictly positive. Hence,  $\frac{\partial q_i^I}{\partial(\gamma\theta)} < 0$  while the sign of  $\frac{\partial q_i^I}{\partial(\gamma\theta)}$  is equal to the sign of  $\Pi$ .

To compare  $q_i^I$  and  $q_i^{NF}$ , suppose first that  $\gamma\theta = 0$ . Then, Eqs. (1) and (3) coincide, so  $R^I(q^I) = R^I(q^I/NF)$ . On the other hand, since  $\beta_N < \beta_A$ , it follows that  $R^2(q^I) > R^2(q^I/NF)$  for all  $q^I$ . Hence,

$q_i^I > q_i^{NF}$  (this is true irrespective of whether  $\Pi > 0$  or  $\Pi < 0$ ). 829

Next, suppose that  $\gamma\theta = 1 - \beta_A/\beta_N$ . Then, it is easy to verify that  $\frac{\partial \pi^I(q^I, q^F, \theta)}{\partial q^I} = 0$  implies  $\frac{\partial \pi^I(q^I, q^F, \theta)}{\partial q^F} = 0$ , so  $R^2(q^I) = R^2(q^I/NF)$ . By contrast,  $\frac{\partial \pi^I(q^I, q^F, \theta)}{\partial q^I} = 0$  implies  $\frac{\partial \pi^I(q^I, q^F, \theta)}{\partial q^F} = 0$ , so  $R^1(q^I) > R^1(q^I/NF)$  if  $\Pi > 0$  and  $R^1(q^I) < R^1(q^I/NF)$  if  $\Pi < 0$ . Recalling that the best-response functions are downward sloping when  $\Pi > 0$  and upward sloping when  $\Pi < 0$ , it follows that  $q_i^I < q_i^{NF}$ .

(ii) The proof is similar to the proof of part (i), except that  $\beta_N$  replaces  $\beta_A$  and  $\gamma$  replaces  $\theta\gamma$ . □

**Proof of Proposition 1.** By Eq. (3),  $\pi_{NF}$  is independent of  $\gamma$  and  $\theta$ . Using the envelope theorem,

$$\frac{\partial \pi^I}{\partial(\gamma\theta)} = -q_i^I [q_i^I (\pi_{yy} - \pi_{yy}) + (1-q_i^I) (\pi_{ny} - \pi_{nn})] + \frac{\partial \pi^I}{\partial q^2} \frac{\partial q_i^I}{\partial(\gamma\theta)} \tag{12}$$

Assumption A1 ensures that the bracketed expression and  $\frac{\partial \pi^I}{\partial q^2} > 0$  are negative. Since  $\frac{\partial q_i^I}{\partial(\gamma\theta)} < 0$ , it follows that  $\frac{\partial \pi^I}{\partial(\gamma\theta)} > 0$ .

To prove the existence of  $\gamma\theta \in (0, 1 - \beta_A/\beta_N)$ , such that  $\pi^I \geq \pi_{NF}$ , note that  $\gamma\theta$  is defined implicitly  $\pi^I = \pi_{NF}$ . Since  $\pi^I$  increases with  $\gamma\theta$ , whereas  $\pi_{NF}$  is independent of  $\gamma\theta$ , it suffices to show that  $\pi^I < \pi_{NF}$  if  $\gamma\theta = 0$  and conversely if  $\gamma\theta = 1 - \beta_A/\beta_N$ . If  $\gamma\theta = 0$ , Eqs. (1) and (3) imply that  $\pi^I(q^I, q^I/NF) = \pi^I(q^I, q^I/NF)$ . Consequently,

$$\pi^I < \pi^I(q^I, q_i^I/NF) = \pi^I(q^I, q_i^I/NF) \leq \pi_{NF}$$

where the strict inequality follows because  $\frac{\partial \pi^I(q^I, q^I/NF)}{\partial q^2} < 0$  and since Lemma A1 states that  $q_i^I > q_i^{NF}$  when  $\gamma\theta = 0$ , and the weak inequality is implied by revealed preferences (i.e., the definition of  $q_i^{NF}$ ). Next, suppose that  $\gamma\theta = 1 - \beta_A/\beta_N$ . Then by Lemma A1,  $q_i^I < q_i^{NF}$ . Using Eqs. (1) and (3) and Assumption A1, it is easy to show that  $\pi^I(q^I, q^I/NF) > \pi^I(q^I, q^I/NF)$  for all  $\gamma\theta > 0$ . Hence,

$$\pi^I > \pi^I(q^I, q_i^I/NF) > \pi^I(q^I, q_i^I/NF) > \pi_{NF}$$

where the weak inequality is implied by revealed preferences and the second strict inequality follows because  $\frac{\partial \pi^I(q^I, q^I/NF)}{\partial q^2} < 0$  and since  $q_i^I < q_i^{NF}$ . □

**Proof of Proposition 2.** To prove the existence of  $\hat{\gamma} \in (0, 1 - \beta_A/\beta_N)/\theta$ , note that  $\hat{\gamma}$  is defined implicitly  $\pi^I = \pi_{NF}$ . The proofs that  $\pi^I$  increases with  $\gamma$  and that  $\pi^I < \pi_{NF}$  is similar to the proof of Proposition 1. Since  $\pi_{NF}$  is independent of  $\gamma$ , it suffices to show that  $\pi^I > \pi_{NF}$  if  $\gamma = (1 - \beta_A/\beta_N)/\theta$ . To this end, recall from Lemma A1 that  $q_i^I < q_i^{NF}$  and recall from the proof of Proposition 1 that  $\pi^I(q^I, q^I/NF) > \pi^I(q^I, q^I/NF)$  for all  $\gamma\theta > 0$ . Consequently,

$$\pi^I > \pi^I(q^I, q_i^I/NF) > \pi^I(q^I, q_i^I/NF) > \pi_{NF}$$

where the weak inequality is implied by revealed preferences and the second strict inequality follows because  $\frac{\partial \pi^I(q^I, q^I/NF)}{\partial q^2} < 0$  and  $q_i^I < q_i^{NF}$ . □

**Proof of Lemma 1.**

- (i) Follows immediately from Fig. 3.
- (ii) Since  $q_i^I > q_i^F$  and noting that  $\frac{\partial \pi^I(q^I, q^I/NF)}{\partial q^2} < 0$ ,

$$\pi^I < \pi^I(q^I, q_i^I/NF) \leq \pi_{NF}$$

where the weak inequality follows by revealed preferences. As for firm 2, note that if  $\Pi > 0$ , then  $q_i^I < q_i^F$ . Together with the fact that  $\frac{\partial \pi^I(q^I, q^I/NF)}{\partial q^2} < 0$ , it follows that  $\pi^I(q_i^I/NF) > \pi^I(q_i^I/NF)$ . Hence,

$$\pi^I > \pi^I(q_i^I/NF) > \pi^I(q_i^I/NF) > \pi_{NF}$$

<sup>18</sup> Submarine patents refer to patent applications which are intentionally delayed by the applicants until a similar idea is commercialized by someone else, at which point the application is completed and entitles the patentholder to collect royalties. A case in point are the patents that were issued in the 1980s and the 1990s to Jerome Lemelson for bar code-scanning and “machine vision” technologies which he first filed for in 1954 and 1956. According to a story published in the *American Lawyer* in May 1993, Lemelson collected \$500 million in royalties from manufacturers who inadvertently infringed on his patents.



879 where the weak inequality follows from revealed preferences and  
 880 the second strict inequality follows from Eqs. (2) and (4) by noting  
 881 that  $\beta_H > \beta_L$ .  $\square$

882 **Proof of Proposition 3.** By Propositions 1 and 2, firm 1 files for a  
 883 patent under the PP system if  $\gamma > \gamma^*_{PP}$  and under the CF system if  $\gamma > \gamma^*$ ,  
 884 where  $\gamma^*$  is defined implicitly by  $\pi^1 = \pi^1_{CF}$  and  $\gamma^*$  is defined implicitly  
 885 by  $\pi^1 = \pi^1_{PP}$ . Since Propositions 1 and 2 show that  $\frac{\partial \pi^1}{\partial \gamma} > 0$  and since  
 886  $\pi^1 < \pi^1_{CF}$  by Lemma 1, it follows that  $\gamma^* < \gamma^*_{PP}$ .  $\square$

887 **Proof of Corollary 2.** When patent protection is strong, firm 1 files  
 888 for a patent under both systems. The effect of PP on the R&D  
 889 investments follows in this case from part (i) of Lemma 1. When patent  
 890 protection is intermediate, firm 1 files for a patent only under the CF  
 891 system. The R&D investment levels are then  $q^1_{CF}$  and  $q^1_{PP}$  under PP and  
 892  $q^1$  and  $q^1$  under CF. To compare these levels of investment, note that  
 893 from Eqs. (4) and (5) that  $R^2(q^1|NF)$  and  $R^2(q^1|F)$ , respectively are  
 894 implicitly defined by

$$\frac{\partial \pi^2(q^1, q^2|NF)}{\partial q^2} = [q^1(\pi_{yy} - \pi_{yy}) + (1 - q^1)(\pi_{yn} - \pi_{nn})] - \beta_H C(q^2) = 0.$$

896 and

$$\frac{\partial \pi^2(q^1, q^2|F)}{\partial q^2} = (1 - \gamma\theta)[q^1(\pi_{yy} - \pi_{yy}) + (1 - q^1)(\pi_{yn} - \pi_{nn})] - \beta_H C(q^2) = 0.$$

898 Substituting from the  $\frac{\partial \pi^2(q^1, q^2|NF)}{\partial q^2} = 0$  into  $\frac{\partial \pi^2(q^1, q^2|F)}{\partial q^2}$  and rearranging  
 900 terms,

$$\frac{\partial \pi^2(q^1, q^2|F)}{\partial q^2} = \left[ \left( 1 - \frac{\beta_H}{\beta_L} \right) - \gamma\theta \right] \beta_H C(q^2).$$

903 If  $\gamma\theta \geq 1 - \frac{\beta_H}{\beta_L}$ , then, evaluated at  $q^2 = R^2(q^1|NF)$ ,  $\frac{\partial \pi^2(q^1, q^2|F)}{\partial q^2} \geq 0$ , implying  
 904 that  $R^2(q^1|F) \leq R^2(q^1|NF)$ . If  $\Pi > 0$ , then  $R^1(q^2|F) > R^1(q^2|NF)$  and since the  
 905 best-response functions are downward sloping,  $q^1 > q^1_{CF}$  and  $q^2 < q^2_{CF}$ . If  
 906  $\Pi < 0$ , then  $R^1(q^2|F) < R^1(q^2|NF)$  and since the best-response functions  
 907 are upward sloping,  $q^1 < q^1_{CF}$  and  $q^2 > q^2_{CF}$ . If  $\gamma\theta < 1 - \frac{\beta_H}{\beta_L}$ , then,  $R^2(q^1|F) >$   
 908  $R^2(q^1|NF)$  and hence the relationship between  $q^1_{CF}$  and  $q^1_{PP}$  and  $q^2_{CF}$  and  
 909  $q^2_{PP}$  is ambiguous.  $\square$

910 **Proof of Corollary 3.** The reason why PP hurts firm 1 is explained in  
 911 the text following the proposition. To see that PP may benefit firm 2,  
 912 suppose first that patent protection is strong. Then firm 1 files for a  
 913 patent under both systems. Since  $\beta_H > \beta_L$ , it follows from Eqs. (2) and  
 914 (4) that  $\pi^2(q^1, q^2|F) > \pi^2(q^1, q^2|NF)$ . Panel a of Fig. 3 shows that when  
 915  $\Pi > 0$ ,  $q^1 < q^1_{CF}$ . Given that  $\frac{\partial \pi^2(q^1, q^2|F)}{\partial q^1} < 0$ , this implies in turn that  
 916  $\pi^2(q^1, q^2|F) > \pi^2(q^1, q^2|NF)$ . Hence,

$$\pi^2_{CF} > \pi^2(q^1, q^2|F) > \pi^2(q^1, q^2|NF) > \pi^2_{PP}$$

918 where the weak inequality follows from revealed preferences.

919 If patent protection is intermediate, then firm 1 files for a patent  
 920 only under the CF system. Hence, we need to show that cases exist in  
 921 which  $\pi^2_{CF} > \pi^2_{PP}$ . Using Eqs. (4) and (5),

$$\pi^2(q^1, q^2|NF) - \pi^2_{PP} = \theta\gamma q^2 \left[ q^1(\pi_{yy} - \pi_{yy}) + (1 - q^1)(\pi_{yn} - \pi_{nn}) \right] - \theta(\beta_H - \beta_L)C(q^2).$$

924 Substituting for the square bracketed term from the first order  
 925 condition,  $\frac{\partial \pi^2(q^1, q^2|NF)}{\partial q^2} = 0$  and recalling that  $C(q)$  is strictly convex,

$$\begin{aligned} \pi^2(q^1, q^2|NF) - \pi^2_{PP} &= \frac{\theta\gamma q^2 \beta_H C(q^2)}{1 - \gamma\theta} - \theta(\beta_H - \beta_L)C(q^2) \\ &> \frac{\theta\beta_H C(q^2)}{1 - \gamma\theta} \left[ \gamma + 1 - \frac{\beta_H}{\beta_L} \right]. \end{aligned}$$

927

Hence,  $\pi^2(q^1, q^2|NF) > \pi^2_{PP}$  for all  $\gamma > 1 - \beta_H/\beta_L$ . If  $q^1_{CF} < q^1$ , then since  
 928  $\frac{\partial \pi^2(q^1, q^2|NF)}{\partial q^1} < 0$ , it follows that

$$\pi^2_{CF} > \pi^2(q^1, q^2|NF) > \pi^2(q^1, q^2|NF) > \pi^2_{PP}$$

where the weak inequality follows by revealed preferences.  $\square$  931

932 **Proof of Proposition 4.** In the strong protection case, we need to  
 933 compare  $S_F$  (consumers' surplus under the CF system) and  $S_{PP}$   
 934 (consumers' surplus under the PP system). Now,

$$\begin{aligned} S_F - S_{PP} &= \frac{(\pi_{yn} - \pi_{nn})^2 r(1 - \gamma\theta)^2 (r - \Pi)^2 (\beta_H - \beta_L)(\beta_H - \beta_L)(s_{yn} - s_{nn})}{(r\beta_H + (1 - \gamma\theta)^2 \Pi^2)(r^2\beta_H - (1 - \gamma\theta)^2 \Pi^2)} \\ &+ (\pi_{yn} - \pi_{nn})^2 (r - \Pi)(1 - \gamma\theta)^2 \left[ \frac{r\beta_H - (1 - \gamma\theta)^2 \Pi}{(r^2\beta_H - (1 - \gamma\theta)^2 \Pi^2)^2} - \frac{r\beta_H - (1 - \gamma\theta)^2 \Pi}{(r^2\beta_H - (1 - \gamma\theta)^2 \Pi^2)} \right]. \end{aligned}$$

937 Since  $\beta_H > \beta_L$ , this expression is strictly positive, implying that PP  
 938 makes consumers better-off.

939 In the intermediate protection case, we need to compare  $S_F$   
 940 (consumers' surplus under the CF system) and  $S_{PP}$  (consumers' surplus  
 941 under the PP system). Now,

$$\begin{aligned} S_{PP} - S_F &= \frac{(\pi_{yn} - \pi_{nn})^2 (r - \Pi)^2 (\beta_H - \beta_L)(1 - \gamma\theta)(s_{yn} - s_{nn})}{(r^2\beta_H - (1 - \gamma\theta)^2 \Pi^2)(r^2\beta_H - \Pi^2)} \\ &+ (\pi_{yn} - \pi_{nn})^2 (r - \Pi) \left[ \frac{r\beta_H - \Pi}{(r^2\beta_H - \Pi^2)^2} - \frac{(1 - \gamma\theta)^2 (r\beta_H - (1 - \gamma\theta)^2 \Pi)}{(r^2\beta_H - (1 - \gamma\theta)^2 \Pi^2)(r^2\beta_H - \Pi^2)} \right]. \end{aligned} \quad (13)$$

942 Recalling that in the intermediate protection case,  $\gamma \geq (1 - \sqrt{\beta_H/\beta_L})/\theta$ ,  
 943 we get  $\beta_H - \beta_L(1 - \gamma\theta)^2 \geq 0$ , so the first line of Eq. (13) is positive. The square  
 944 bracketed expression in the second line is increasing with  $\gamma$  and it  
 945 vanishes at  $\gamma = (1 - \sqrt{\beta_H/\beta_L})/\theta$ ; hence the second line is positive as well,  
 946 so  $S_{PP} > S_F$  for all parameter values in the intermediate protection case.  
 947 Finally, it is straightforward to establish that the first line of Eq. (13) is  
 948 increasing with  $\gamma$ . Since the second line is also increasing with  $\gamma$ , it follows  
 949 that the gain of consumers from PP is larger the larger is  $\gamma$ .  $\square$  951

952 **Proof of Proposition 5.**

(i) In the strong protection case we need to compare  $W_F$  and  $W_{PP}$ .  
 953 Noting that  $W_{PP}$  is identical to  $W_F$ , expect that  $\beta_H$  replaces  $\beta_L$ , we  
 954 can show that  $W_F > W_{PP}$  by establishing a sufficient condition for  
 955  $\frac{\partial W_F}{\partial \beta} < 0$  for all  $\beta \in [\beta_L, \beta_H]$ . From Eq. (10),

$$\begin{aligned} \frac{\partial W_F}{\partial \beta} &= \frac{(\pi_{yn} - \pi_{nn})r(1 - \gamma\theta)^2 (r - \Pi)}{2(r^2\beta - (1 - \gamma\theta)^2 \Pi^2)^2} \\ &\times [(\pi_{yn} - \pi_{nn})Z(r, \beta) + 2(\pi_{yn} - \pi_{nn})M(\beta)S \\ &+ 2(r - \Pi)(r^2\beta - (1 - \gamma\theta)^2 \Pi^2)(s_{yn} - s_{nn} + \pi_{ny} - \pi_{nn})], \end{aligned} \quad (14)$$

957 where

$$M(\beta) = (r - (1 - \gamma\theta)\Pi)^2 + r^2(\beta - 1) + 2r\gamma\theta(1 - \gamma\theta)\Pi > 0.$$

959 and

$$Z(r, \beta) = r^2\beta(r - 3\Pi) + (1 - \gamma\theta)^2 \Pi^2(3r - \Pi).$$

961

962 The expression outside the square brackets in Eq. (14) is  
 963 negative, while the last two expressions inside the square  
 964



brackets are positive (the last term is positive by Assumption A4). Hence  $Z(r, \beta) \geq 0$  is sufficient for  $\partial W_f / \partial \beta < 0$  for all  $\beta \in [\beta_h, \beta_l]$ , which in turn ensures that  $W_f > \bar{W}_f$ . Now, surely,  $Z(r, \beta) > 0$  if  $r - 3\Gamma \geq 0$ . Otherwise,  $Z(r, \beta) \geq 0$  is sufficient for  $Z(r, \beta) > 0$  for all  $\beta \in [\beta_h, \beta_l]$ . Recalling from Assumption A3 that  $r > \Gamma$  and noting that  $Z(r, \beta_h)$  is a convex function of  $r$  and that  $Z(\Gamma, \beta_h) < 0$  and  $Z(\Gamma, \beta_l) < 0$ , it follows that  $Z(r, \beta_h) > 0$ , provided that  $r \geq \hat{r}(\beta_h)$ , where  $\hat{r}(\cdot)$  is defined in the proposition.

(ii) When protection is intermediate, we need to compare  $W_{off}$  and  $W_f$ . Noting that  $W_{off} = \bar{W}_f$  when  $\theta = 0$  (in that case  $\beta_h = \beta_l$ ), a sufficient condition for PP to enhance (lower) welfare is that  $\partial W_{off} / \partial \theta < 0$  ( $\partial W_{off} / \partial \theta > 0$ ) for all  $\theta \in [0, \gamma \hat{\theta} / \gamma]$ . Using Eq. (10),

$$\frac{\partial W_f}{\partial \theta} = \frac{(\pi_{yn} - \pi_{nn})r(1-\gamma)\theta(r-\Gamma)(\beta_{h1} - \beta_{l1} - \gamma(\beta_{h1} + \beta_{l1}))}{2(r^2\beta_h + (1-\gamma)\theta^2\Gamma)^2} \\ \times [(\pi_{yn} - \pi_{nn})Z(r, \beta_h) + 2(\pi_{yn} - \pi_{nn})M(\beta_h)\delta \\ + 2(r-\Gamma)(r^2\beta_h - (1-\gamma)\theta^2\Gamma^2)(s_{yn} - s_{nn} + \pi_{ny} - \pi_{nn})].$$

The expression inside the square brackets is similar to the expression inside the square brackets in Eq. (14) and is therefore positive when  $r \geq \hat{r}(\beta_h)$ . In that case, the sign of  $\frac{\partial W_f}{\partial \theta}$  depends on the sign of  $(\beta_{h1} - \beta_{l1}) - \gamma(\beta_{h1} + \beta_{l1})$  which is negative (positive) if  $\gamma > (<) \frac{\beta_{h1} - \beta_{l1}}{\beta_{h1} + \beta_{l1}}$ . Finally, note that WNF is independent of  $\gamma$ , while using Eq. (10),

$$\frac{\partial W_f}{\partial \gamma} = -\frac{(\pi_{yn} - \pi_{nn})r\beta_h(1-\gamma)\theta(r-\Gamma)}{(r^2\beta_h - (1-\gamma)\theta^2\Gamma^2)^3} \times [(\pi_{yn} - \pi_{nn})Z(r, \beta) \\ + 2(\pi_{yn} - \pi_{nn})M(\beta_h)\delta + 2(r-\Gamma)(r^2\beta_h - (1-\gamma)\theta^2\Gamma^2) \\ \times (s_{yn} - s_{nn} + \pi_{ny} - \pi_{nn})].$$

which is negative when  $r \geq \hat{r}(\beta_h)$ . Thus, WNF does better relative to  $\bar{W}_f$  as  $\gamma$  increases.  $\square$

**Proof of Proposition 6.** Under PP, firm 1 files for patent if  $\gamma < (1 - \sqrt{\beta_h/\beta_l})/\theta$ . As  $\beta_h$  falls, the right side of the inequality increases, so firm 1 files for a smaller set of parameters. If the inequality still holds, firm 1 files for a patent under both filing systems, so the welfare effect of PP is given by  $W_f - \bar{W}_f$ , where  $W_f$  is independent of  $\beta_h$ , while  $\partial W_f / \partial \beta_h < 0$  if  $r \geq \hat{r}(\beta_h)$  (see Eq. (10)). Hence, so long as  $r \geq \hat{r}(\beta_h)$ , lowering  $\beta_h$  boosts the welfare gain from PP.  $\square$

**Proof of Proposition 7.** In the strong protection case, the effect of PP on the incentive to accumulate interim R&D knowledge depends on the sign of the following expression:

$$B_f - \bar{B}_f = -\frac{(\pi_{yn} - \pi_{nn})(\pi_{yn} + \pi_{nn} - 2\pi_{ny})r(r^2 - \Gamma^2)(1-\gamma)\theta^2(\beta_h - \beta_l)}{2(r^2\beta_h - (1-\gamma)\theta^2\Gamma^2)(r^2\beta_h - (1-\gamma)\theta^2\Gamma^2)} < 0.$$

Straightforward calculation reveals that this expression increases with  $\gamma$ ; hence PP weakens the incentive to invent, but less so as  $\gamma$  increases.

In the intermediate protection case, the effect of PP depends on the sign of:

$$B_{off} - \bar{B}_f = \frac{(\pi_{yn} - \pi_{nn})(\pi_{yn} + \pi_{nn} - 2\pi_{ny})r(r^2 - \Gamma^2)(\beta_{h1}(1-\gamma)\theta^2 - \beta_h)}{2(r^2\beta_{h1} - \Gamma^2)(r^2\beta_h - (1-\gamma)\theta^2\Gamma^2)} < 0.$$

where the inequality follows because in the intermediate protection case,  $\gamma \geq (1 - \sqrt{\beta_h/\beta_l})/\theta$  (see Lemma 2), which ensures that  $\beta_{h1}(1-\gamma)\theta^2 - \beta_h < 0$ . Hence, once again, PP weakens the incentives to accumulate interim R&D knowledge. However now, straightforward calculation reveals that  $B_{off} - \bar{B}_f$  decreases with  $\gamma$ , so the negative impact of PP increases when  $\gamma$  increases.  $\square$

## References

- Allison, J., Lemley, M., 1998. Empirical evidence on the validity of litigated patents. *AIPPLA Quarterly Journal* 26, 185–275.
- Anton, J., Yao, D., 2003. Patents, invalidity, and the strategic transmission of enabling information. *Journal of Economics and Management Strategy* 12, 1015–1016.
- Anton, J., Yao, D., 2004. Little patents and big secrets: managing intellectual property. *Rand Journal of Economics* 35 (1), 1–22.
- Aoki, R., Prusa, T., 1996. Product development and the timing of information disclosure under U.S. and Japanese patent systems. *Journal of the Japanese and International Economics* 10, 233–249.
- Arundel, A., Kabla, I., 1998. What percentage of innovations are patented? Empirical estimates for European firms. *Research Policy* 27, 127–141.
- Bloch, F., Markowitz, P., 1996. Optimal disclosure delay in multistage R&D competition. *International Journal of Industrial Organization* 14 (2), 159–179.
- Chang, H., 1995. Patent scope, antitrust policy, and cumulative innovation. *RAND Journal of Economics* 26, 34–52.
- Choi, J.P., 1998. Patent litigation as an information transmission mechanism. *American Economic Review* 89, 860–869.
- Cornelli, F., Schankerman, M., 1999. Patent renewals and R&D incentives. *RAND Journal of Economics* 30, 197–213.
- Crampe, C., Langinier, C., 1998. Information disclosure in the renewal of patents. *Annales d'Economie et de Statistique* 49/50, 265–288.
- Crampe, C., Langinier, C., 2002. Litigation and settlement in patent infringement cases. *RAND Journal of Economics* 33, 258–274.
- Erkal, N., 2005. The decision to patent, cumulative innovation, and optimal policy. *International Journal of Industrial Organization* 23, 535–562.
- Eswaran, M., Gallini, N., 1996. Patent policy and the direction of technological change. *RAND Journal of Economics* 27, 722–746.
- FTC (2005). "A Summary Report of Discussions at Town Meetings on Patent Reforms," available at [www.ftc.gov/opp/intellect/050601summarytownmtg.pdf](http://www.ftc.gov/opp/intellect/050601summarytownmtg.pdf).
- Gallini, N., 1992. Patent policy and costly imitation. *RAND Journal of Economics* 23, 52–63.
- Gilbert, R. (1984). Statement Submitted to the Subcommittee on Patents, Copyrights and Trademarks, Committee on the Judiciary, United States Senate, Concerning the Patent Term and Publication Reform Act of 1994. S. 1854, March 9, 1994, reprinted in *Journal of Reprints in Antitrust, Law, and Economics*, 23, 455–462.
- Gilbert, R., Shapiro, C., 1990. Optimal patent length and breadth. *RAND Journal of Economics* 21, 106–113.
- Gill, D., 2008. Strategic disclosure of intermediate research results. *Journal of Economics and Management Strategy* 17 (3), 733–758.
- Gordon, S. (2004). "Publishing to Deter in R&D Competition," Mimeo.
- Green, J., Scotchmer, S., 1995. On the division of profit in sequential innovation. *RAND Journal of Economics* 26, 131–146.
- Horstman, I., MacDonald, G., Slivinski, A., 1985. Patents as information transfer mechanism: to patent or (maybe) not to patent. *Journal of Political Economy* 93, 837–856.
- Jansen, J. (2008). "Strategic Information Disclosure and Competition for an Imperfectly Protected Innovation," Mimeo.
- Johnson, D.K.N., Popp, D., 2003. Forced out of the closet: the impact of the American Inventors Protection Act on the timing of patent disclosure. *RAND Journal of Economics* 34 (1), 96–112 (Spring).
- Kabla, I. (1996). "Easiness of Imitation, Patent Disclosure and the Optimal Patent Scope," INSEE and Hebrew University of Jerusalem.
- Klemperer, P., 1990. How broad should the scope of patent protection be? *RAND Journal of Economics* 21, 113–130.
- Levin, R., Klevorick, A., Nelson, R., Winter, S., 1987. Appropriating the returns from industrial research and development. *Brookings Papers on Economic Activity* 783–831.
- Lichtman, D., Baker, S., Kraus, K., 2000. Strategic disclosure in the patent system. *Vanderbilt Law Review* 53, 2175–2217.
- Mansfield, E., 1986. Patents and innovation: an empirical study. *Management Science* 32, 173–181.
- Mansfield, E., Schwartz, M., Wagner, S., 1981. Imitation costs and patents: an empirical study. *Economic Journal* 91, 907–918.
- Matutes, C., Regibeau, P., Rockett, K., 1996. Optimal patent design and the diffusion of innovations. *RAND Journal of Economics* 27, 60–83.
- Merges, R., Nelson, R., 1994. On limiting or encouraging rivalry in technical progress: the effect of patent scope decisions. *Journal of Economic Behavior and Organization* 25, 1–24.
- Meurer, M., 1989. The settlement of patent litigation. *RAND Journal of Economics* 20, 77–91.
- Nordhaus, W., 1969. *Invention, Growth and Welfare*. MIT Press, Cambridge Mass.
- O'Donoghue, T., 1998. A patentability requirement for sequential innovation. *RAND Journal of Economics* 29, 654–678.
- O'Donoghue, T., Scotchmer, S., Thisse, J.-F., 1998. Patent breadth, patent life, and the pace of technological progress. *Journal of Economics and Management Strategy* 7, 1–32.



- 1086 Putnam, J. (1997). "The Value of International Patent Rights." Mimeo, Charles River  
1087 Associates.
- 1088 Ragusa, A.P. 1992. Eighteen month to publication: should the United States join Europe  
1089 and Japan by promptly publishing patent applications? *George Washington Journal*  
1090 of International Law and Economics 26, 143–180.
- 1091 Scotchmer, S. 1996. Protecting early innovators: should second-generation products be  
1092 patentable? *RAND Journal of Economics* 27, 322–331.
- 1093 Scotchmer, S., Green, J., 1990. Novelty and disclosure in patent law. *RAND Journal of*  
1094 *Economics* 21, 131–146.
- 1103
- Spiegel, Y. (2008). "Licensing Interim R&D Knowledge." Mimeo. 1095
- Tepperman, A. (2002). "Do Priority and Disclosure Rules Matter? Canadian Evidence 1096  
from the 1989 Patent Reforms." Mimeo, Charles River Associates. 1097
- U.S. Patent and Trademark Office Ed. (2004). *Trilateral Statistical Report 2003 Edition*. 1098  
Jointly produced with European Patent Office and Japan Patent Office. 1099
- Waterson, M., 1990. The economics of product patents. *American Economic Review* 80, 1100  
860–869. 1101

UNCORRECTED PROOF



版」メディアランド。

—— [2007] 『国民経済計算年報 平成19年版』メディアランド。

野村浩二 [2004] 『資本の測定：日本経済の資本深化と生産性』慶應義塾大学出版会。

増田宗人 [2000] 『資本ストック統計の見方：市場評価資本ストックの試算』日本銀行調査統計局ワーキングペーパーシリーズNo. 00-5。

## 第3章 中間技術の保護とライセンス\*

青木玲子  
一橋大学

### 1 はじめに

重要な発明のなかには、レーザーのようにさらなる研究開発投資によって医療や光学での応用技術として使われる基礎技術や、遺伝子標的的のように製品の開発に使われるリサーチツールなどがある。このように別の技術や製品の開発に投入される技術のことを「中間技術」という。本論文では、中間技術が特許または企業秘密によって保護されている場合のライセンス行動を分析する。新しい技術の保護方法として特許または企業秘密が選ばれるが、両者では保護の強さと情報公開の程度に違いがある。特許に基づいて模倣技術を排除するためには、十分に似ていることを示せばよく、技術の入手方法は関係ない。これに対して、企業秘密の場合は、もとの技術が盗まれたときのみ侵害されたことになる。独立に開発された模倣技術は特許侵害にはなるが、企業秘密を侵害

\* 当日司会の後藤亮先生、編集委員の伊藤秀史先生とレフェュアリーから数々の重要な助言をいただいたことに、深く感謝します。

1) 他に実用新案もあるが、これは保護される技術の範囲が特許と異なる。



したことにならない。この意味で特許のほうが保護が強い。それでは、どうして常に特許による保護が選ばれないのか？ それは、開示の度合いに違いがあるからである。企業秘密は情報を公開しないことにより保護することであるが、特許は申請後18カ月経過すると内容が一般に公開される。つまり、特許のほうが排除できる技術の範囲が広いが、スピルオーバーの量も大きいのである。特許には占有可能性 (appropriability) と開示の2つの目的があり、情報に排他性を法的に与える代償として情報の開示が必要であり、排他性と開示という社会厚生へのマイナスイナスとプラスのパラシスがとられている。企業秘密は2つの効果のパラシス地点が異なる。排除できる範囲が狭い代わりに情報開示の負担が非常に軽いようになっている。この解釈によると両保護形態の情報開示の違いを、スピルオーバーの大小の差、侵害技術の範囲の差や<sup>2)</sup>ライセンス契約のエンフォースメント費用の差として捉える。本論文では、特許と企業秘密の差を量だけでなく質の差としてモデル化する。具体的には情報のスピルオーバーの過程と結果が異なることに注目して、2つの保護方法をライセンスの交渉過程と、その結果結ばれるライセンス契約の形態の違いで区別する。

企業秘密による保護の場合には一般公開がないので、ライセンスをするまでも情報も開示されず、開示の範囲もライセンス契約した企業に限られる。特許ライセンス交渉はすでに情報の内容がわかっている企業と行うのに対して、企業秘密の場合は交渉過程ではじめて情報が明らかになる。よって、企業秘密は交渉によつてはじめて開示が起こり、交渉しても決裂することがあるので、交渉すること自体からコストが発生する。また、一企業とライセンス契約を結んでも、公開されない情報は他の企業にはまだ価値の高い情報で、さらにライセンスすることが可能であり、せっかくライセンス契約をした企業にとつてはライバルが有利になるおそれがある。企業秘密保有企業がこのような機会主義的行動を防ぐようにライセンス契約を設計する必要がある。このような状況は単に両知財の差をスピルオーバーの大きさの差と解釈したのでは捉えられ

2) 日本とヨーロッパでは企業秘密で保護されている技術については「先使用权」を主張することができる。これにより、使っている技術は排他されることがない。しかし、特許のようにライセンスはできない。本論文内のモデル内では先使用权の有無は影響ない。先使用权については、青木・矢崎 [2007] 参照。

ず、契約の交渉過程をモデル化する必要がある。

分析のアプローチとしては、Bhattacharya and Guriev [2006] の契約の交渉過程とライセンス形態のモデルを新たな技術開発テクノロジー (成功の確率分布) と既存技術の環境に導入する。また、アウトサイダー (独自では中間技術に必要なさらなる技術開発ができない企業) だけでなく、インサイダー (独自で中間技術に必要なさらなる技術開発ができる企業) のライセンスも分析する。どちらの場合もスピルオーバーが大きいかいほど、企業秘密のライセンスが行われやすいという結論を導く。アウトサイダーの場合は企業秘密の交渉過程でのスピルオーバーが大きいが別の企業から徴収できるライセンス料が小さくなり、別の企業へのライセンスを防ぐことが容易になるからである。インサイダーの場合は自社の利益ハススピルオーバーが強く働くからである。

従来の研究は主として特許で保護された技術のライセンス、つまり特許のライセンスを扱ってきた。<sup>3)</sup> これはまさに特許情報は公になっているのでライセンス自体は私的な契約ではあるものの、企業秘密より研究者が観察できる事例が多かったせいだろう。これは実証研究にも反映されている。しかし、次に述べる最近の実証研究やアンケートによれば、現実には発明の保護として企業秘密も盛んに使われている一方、技術ライセンスのなかで特許に基づかないものが数多くある。特に、中間技術は製品化される最終技術に比べて、企業秘密としておくことが容易と考えられる。また、中間技術の研究は累積的技術革新 (cumulative innovation) の特殊な場合として比較的最近始まったといえる。<sup>4)</sup> 中間技術のライセンスは次の技術投資へ影響するが、最終技術は製品市場へというまったく異なる影響がある。既存の特許ライセンス分析の中心は技術ライセンスの内容が製品市場競争、つまり価格競争や品質差別への影響である。これに対して、中間技術ライセンスの場合に考慮しなければならないのは、続く技術開発投資へのインセンティブである。本論文は中間技術の2つの保護に基づきライセンスに取り組みと同時に、技術所有者が独自でも応用技術の開発が可能な場合と可能でない場合の比較分析もする。

3) Anton and Yao [1994] は特許保護のない技術のライセンスを分析している。

4) 詳しくは青木・矢崎 [2007] 参照。



が、工場内など使用場所が限定できる工程技術の場合は、特許より企業秘密が大切とされていることがわかれる。

より最近の事例として、Suzuki *et al.* [2006] は電気産業の学術誌発表論文などのデータを使って「発明数」を数量化している。技術開発投資は発明を説明するが、特許数は説明できないなど、発明と特許とは異なる要因で決まっていることを示している。つまり、発明即特許という因果関係がないのである。ヨーロッパでも同じような状況で、製品イノベーションのうち特許化されたのは全産業平均で35.9%で、最も高い薬品で79.2%である。全産業平均ではプロセス発明の24.8%が特許化され、最高が精密機械の46.8%であると Arundel and Kabla [1998] は報告している (1993年のアンケート)。

さらに、技術ライセンス契約の多くが特許による保護を前提としていない場合が多いことも知られている。たとえばアメリカの大学の企業が民間企業と結んだライセンス契約の対象技術のうち、締結の段階で特許化 (もしくは著作権化) されていたのはわずか28%であった (Jensen and Thursby [2001])。同研究は、大学のライセンス契約のうちロイヤルティがあるものは全体の84%に上るとも報告している。ロイヤルティは限界的効果があるので、インセンティブを与えのに有効な契約の道具である。特許によらない技術ライセンスや共同研究の場合には、情報の漏洩が大きな問題となり、ライセンス条件は普通考えられる投資へのインセンティブだけでなく、情報の扱ひ方へのインセンティブも考慮する必要があるはずである。実際、バイオテクノロジー関係の研究開発ライセンス (共同研究、委託研究) で、排他的 (exclusive) なほうが非排他的 (non-exclusive) なものよりもロイヤルティの平均が高い (事前ライセンスの場合は4.9%対2.8%、事後ライセンスの場合は6.9%対2.5%、長岡・中村 [2006])。上流、下流の両段階の技術の場合も事前ライセンスのほうが、事後ライセンスよりもロイヤルティが平均的に高い (上流技術では4.5%対3.9%、下流技術では9.3%対5.2%)。単にライセンス収入の水準だけが問題であるなら、ロイヤルティを使わず、固定費のみを使って限界費用を上げないほうが効率的である。ロイヤルティの存在はライセンス期間を通して行動をコントロールする必要性を示唆していると解釈できる。また、タイミングや上流による差は、事前ライセンスの場合と同じ技術を他の企業に使わせるのを

以下で述べるようにライセンスの実証分析が蓄積されてはいるが、理論的な説明は限られており、最近の契約理論の成果 (伊藤 [2003]) を活用する余地が大いにあることを指摘したい。限られた最近の研究としては、大学のよう中間技術保持者自身が技術開発ができない場合 (Bhattacharya and Guriev [2006]) を分析したものと、独自で開発投資ができるが、異なる水準が固定されたキャパシティのライバル企業へのライセンス契約の分析 (Spiegel [2007]) がある。しかし、キャパシティは外生的に与えられており、開発投資水準が内生化されている分析はまだない。ライセンスの投資への影響が中間技術の特徴であることから、投資が内生化されていることは重要な拡張である。まず、実証研究から知られている事実を確認しよう。知られていることを一言でいうと、特許は数多くある知識を占有する方法の1つでしかなく、実際、発明のうち特許化されるものは限られているということである。たとえばアメリカではソフトウェアのわずか13%が特許化されるだけである (Chabchoub and Niosi [2005])。アメリカの製造業の企業所有の研究所 (1478カ所、1994年) 対象のアンケートによると、医療器具と薬品では50%以上の場合に、特殊機械、コンピューターと自動車部品では40~50%の場合に製品発明の保護に特許が有効であると答えている。つまり、半数以上の企業が特許が有効とは考えられておらず、特許が最も有効な保護の方法と考えられている産業は1つもなかった。同アンケートでは、鉄鋼、特殊機械、汎用機械など17産業においては秘密 (secrecy) を、鉄鋼、特殊機械、汎用機械など13の産業においてはリードタイムを最も有効な保護の方法であると答えている (Cohen, Nelson, and Walsh [2000])。

Goto and Nagata [1997] によると、日本では工程イノベーション (process innovation) のノウハウの専有可能性確保の有効な方法として、36.1%の企業が「製造設備やノウハウの保有・管理」であると答え (製造業593社に対するアンケートによる)。「技術情報の秘密」を28.9%、「製品の先行的な市場化」を28.2%、「特許」を24.8%の企業があげている。製品イノベーション (product innovation) の場合は「製品の先行的な市場化」を40.7%、「特許」を37.8%、「製造設備やノウハウの保有・管理」を33.1%の企業が保護機能として評価している。広く出回る製品になる技術では特許が比較的使われている



防ぐ必要があり、下流技術のほうが価値があるので、再販を防ぐにはより高いロイヤルティーを支払う必要によるものと考えられる。特許化されていない技術、つまり情報のライセンスにおいては、ロイヤルティーはこのようなライセンスの機会主義的行動を防ぐ機能があることがデータから推測できる。

Bhattacharya and Guriev [2006] のアプローチを簡単に説明すると、中間技術をもっている上流企業が2つの開発（下流）企業へ特許と企業秘密を使ってライセンスする場合の比較分析を、実行可能なライセンス交渉過程とライセンス形態の違いに注目して、Bolton and Whinston [1993] の上流と下流の交渉ゲームのフレームワークを応用して行っている。企業秘密の場合は、交渉自体によるスピルオーバーが交渉のコストになってしまふことが反映されている。かれらの分析は、技術をもっている企業自身は開発研究投資ができないことを前提としているので、大学やベンチャー企業などいわゆるアウトサイダーの分前である (Kamien and Tauman [2002])<sup>5)</sup>。薬品会社や電機メーカーは、自社で中間技術が完成した段階でライセンスもできれば、自社開発も可能であるインサイダーであり、技術開発の担い手としては無視できない存在である。インサイダーを分析するためには、Bhattacharya and Guriev の分析を3社に拡張する必要があるが、Bhattacharya and Guriev のイノベーション・テクノロジーは二項分布で、2企業の分析には都合がよいが、3企業（最低2企業のライセンスとインサイダー）の分析には適していない。そこで、本論文では別のイノベーション・テクノロジー（成功の確率分布関数）を採用する。また、インサイダーは他企業にはまったくライセンスせず、独自で開発することができ、ここでは、他の企業は非常に効率が悪いが（投資費用が高いが）、開発投資ができると仮定することにより、インサイダーはライセンスすることによってライバルのコストを下げる代わりにライセンス収入を得るというトレードオフも考慮することができる。次節でアウトサイダーの場合を、第3節でインサイダーの場合のライセンスと投資行動を分析する。

5) Kamien and Tauman は特許所有者が特許化技術を使って生産できる場合をインサイダー、できない場合をアウトサイダーと呼んでいる。ここでは、中間技術なので、次の段階は開発研究である。

## 2 アウトサイダーによるライセンス

3企業（企業0、企業1、企業2）のうち企業0だけが新しい中間技術を所望しているが、自社では製品化に必要な開発的研究投資ができないので、他の2つの企業にライセンスをする必要がある。企業0は独自で中間技術を使って技術開発ができないアウトサイダーで、ライセンス契約を締結した企業が新中間技術を使って開発投資をする。この分析ではライセンス交渉とタイミングはBhattacharya and Guriev [2006] と同じものを仮定するが、イノベーション・テクノロジーとライセンスがない場合の技術が異なる。また、劣悪ではあるが、中間技術の代替となる旧技術が存在するので、非ライセンス企業は新中間技術は使用できないが、開発投資はできる。

技術開発努力（投資水準） $x$  を行った場合に成功する時点はポアソン分布に従っていて、利子率を $r$ とすると、単独で投資した場合の期待成功時点は $x/(x+r)$ である。成功した場合の発明の価値が1で、努力1単位あたりの費用が $k$ とすると、期待利益は

$$\pi = \frac{x}{x+r} - kx$$

である。厳密には開発努力水準が $x$ で、要する費用（投資額）が $kx$ であるが、習慣に従って $x$ のことを投資と呼ぶことにする。費用係数であるパラメーター $k$ は中間技術の完成度を反映していると解釈できる。費用係数 $k$ が低いほど優れた中間技術もしくは完成度の高い技術と考えられる。パラメーター $r$ は利子率で、 $k < 1$ と仮定して利益最大化問題の常に内点解をもつようにする。それぞれの企業の成功時点がポアソン分布に従っている状態で、複数の企業が技術開発投資を行っている場合は、最初に成功した企業が開発競争に勝利企業になる。2企業が投資をしていて、企業 $i$ が投資水準 $x_i$ を、ライバルが $x_j$ を行った場合に、企業 $i$ が先に成功する確率は $x_i/(x_i + x_j + r)$ である。勝利企業が製品市場を独占し、独占利益が1とすると、企業 $i$ の期待利益は



$$\pi(x_i, x_j; k_i) = \frac{x_i}{x_i + x_j + 1} - k_i x_i$$

になる。ただし、 $k_i$ は企業*i*の投資費用係数である。企業0の中間技術を使用できれば、 $k_i = k_0$ であるが、特許公開などのスピルオーバーの恩恵のないときの費用係数は $\sigma > 1$ なる定数を使って $\sigma k_0$ で表す。費用係数 $\sigma k_0$ の技術はまったく別の既存技術とも、わずかなスピルオーバーとも解釈できる。

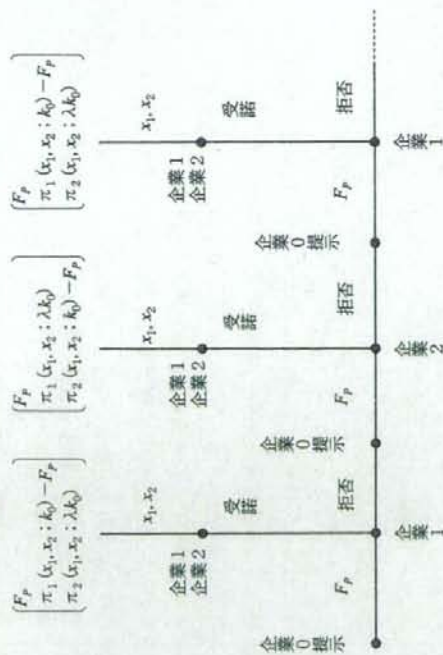
### 2.1 特許を取得した場合

中間技術の開発に成功して企業0が特許を取得すると、技術の内容は公開される。しかし特許の内容を使って技術を模倣するのは容易ではなく、ライセンス契約をせずに特許化の公開情報のみを使った場合は、 $\sigma > \lambda > 1$ なるパラメータ $\lambda$ を使って開発費用係数が $\lambda k_0$ となると考えられる。定数が $\sigma$ から $\lambda$ に減少するのは特許申請（そして登録）に伴う情報開示によるスピルオーバーを反映している。係数 $\lambda$ はスピルオーバーの度合いを表しており、小さいほどスピルオーバーの度合いが大きい。また、 $\lambda > 1$ であることを示している。模倣技術に比べてスピルオーバーによる模倣技術は劣ることを示している。模倣技術ではなく、企業0とライセンス契約を結び特許技術が使えたと費用係数は $k_0$ になる。

スピルオーバーといってもここでのいうのは制度的なもので、公開制度の有無やタイミングを反映している。別に同じ制度下でも技術によってライバル企業が実際に利用できる特許開示情報は異なると考えられる。さらに次節で分析する企業秘密のスピルオーバーは、制度よりは技術の種類に依存するであろう。よって、 $\lambda$ をこの2つのファクターに分けるとか、企業秘密の場合と区別することも可能であるが、ここでは特許と企業秘密ともに同じ1つの $\lambda$ をスピルオーバーの係数として使うことにする。前述したように、本論文は特許と企業秘密の差が情報量の違いであるという解釈はとらないので、スピルオーバーの量は同じとしても差し支えはなく、むしろ後の両保護方法の比較にはこのような標準化が適切である。

ライセンス交渉はまず、企業0が企業1に条件を提示し、企業1がそれを受諾すれば交渉はそこで終わる。企業1が拒絶した場合は、企業0は企業2に対

図1 アウトサイダー—特許ライセンス交渉



して、ライセンスを提示する。企業2が受諾すれば交渉は終了し、拒絶した場合はまた企業1に提示するというように、交渉過程は図1にまとめてあるように Rubinsteinの Alternating Offers モデルを2つの相手に拡張したものである (Bolton and Whinston [1993])。交渉過程は非協力ゲームとして定義してあるが、図は厳密な展開ゲームの形をしていないことに注意されたい。どちらかの企業が受諾してライセンスが決まると、2つの企業は同時に開発投資水準 $(x_i, i=1, 2)$ を決め、費用はライセンスの有無によって、 $k_0$ と $\lambda k_0$ のどちらかである。企業0が提示するライセンスの条件とは具体的にはライセンスが企業0に支払う固定費 $F_p$ である。このゲームのナッシュ均衡解を以下分析する。

一方の企業、たとえば企業1がライセンスを受諾したとすると、企業1の開発費用は $k_0$ で、企業2の開発費用は $\lambda k_0$ になる。各企業の均衡投資水準、 $x_i^*$ と $x_j^*$ は、同時に投資を選ぶゲームのナッシュ均衡で、以下のように定義される。

$$x_i^* = \arg \max_{x_i} \pi(x_i, x_j^*; k_0), \quad x_j^* = \arg \max_{x_j} \pi(x_i^*, x_j; \lambda k_0).$$

解は両企業の合計投資水準 $x(k_0, \lambda k_0) = x_1^* + x_2^*$ を使って以下のように記述する。



ことができる。

$$x_1^* = [x(k_0, \lambda k_0) + r][1 - k_0[x(k_0, \lambda k_0) + r]],$$

$$x_2^* = [x(k_0, \lambda k_0) + r][1 - \lambda k_0[x(k_0, \lambda k_0) + r]].$$

詳しいことは補遺にあるが、合計投資水準は計算でき、総費用係数  $k_0 + \lambda k_0$  の減少関数であることがわかる。

$$x(k_0, \lambda k_0) = \frac{1 + \sqrt{4(k_0 + \lambda k_0)r + 1}}{2(k_0 + \lambda k_0)} - r.$$

これから企業の投資費用が下がった場合にライバルの場合にライバルの投資は必ず減少すること  
がわかるが、自社の投資は増加も減少もしうる。これは投資が自社がどのくら  
い有利であるかによって、戦略的補完的か代替的かのどちらかに決まるからで  
ある。<sup>6)</sup> 利益は以下のようになり、企業の投資費用が下がった場合に企業の利  
益は必ず増加し、ライバルの利益は減少する（ $\lambda$  が減少することは企業2の  
投資費用が減少し、企業1がライバルである場合を考えればよい）。

$$\pi_1^* = \pi(x_1^*, x_2^*; k_0) = [1 - k_0[x(k_0, \lambda k_0) + r]]^2,$$

$$\pi_2^* = \pi(x_1^*, x_2^*; \lambda k_0) = [1 - \lambda k_0[x(k_0, \lambda k_0) + r]]^2.$$

$\lambda > 1$  なので、 $\pi_1^* > \pi_2^*$  であることもわかる。つまり優れた特許技術を使った  
企業のほうが投資水準が高くなり、利益も高い。以上の期待利益を前提にして、  
ライセンス交渉は行われる。均衡上では企業0が以下の  $F_0$  を提案し、企業1  
が受諾して交渉は終了する。そのときの企業1の取り分 ( $U_1$ ) はライセンスが  
ない企業2 ( $U_2$ ) の利益と同じになってしまい、「交渉の余地のないオファー」  
を出す企業0がライセンス契約によって実現された生産余剰のすべてを獲得す  
る。<sup>7)</sup>

$$F_0 = \pi_1^* - \pi_2^*, \quad U_1 = U_2 = \pi_2^*.$$

つまりライセンス契約を結んで、優れた技術によって得る利益の増分すべてを  
ライセンス料として技術所有企業に支払わなければならない。ライセンス料は  
ライセンス企業の利益と非ライセンス企業の利益の差であるので、当然2つの

6) この技術開発アクトロジは相手より投資が小さければ代替的で、大きければ補完的  
である。厳密には  $\frac{\partial^2 \pi}{\partial x_1 \partial x_2} = \frac{\lambda - k_0 - r}{(x_1 - x_2 - r)^2}$  なので、 $k_0 < k_0 + r$  ならば代替的、逆なら補完  
的である。 $k_0 + r = k_0$  のときライバルより先に成功する確率は0.5である。

技術の差が大きいほど大きい。言い換えるとスピルオーバーが小さいほど（ $\lambda$   
が大きいほど）企業0の利得であるライセンス料が大きくなる。

## 2.2 企業秘密にたよる場合

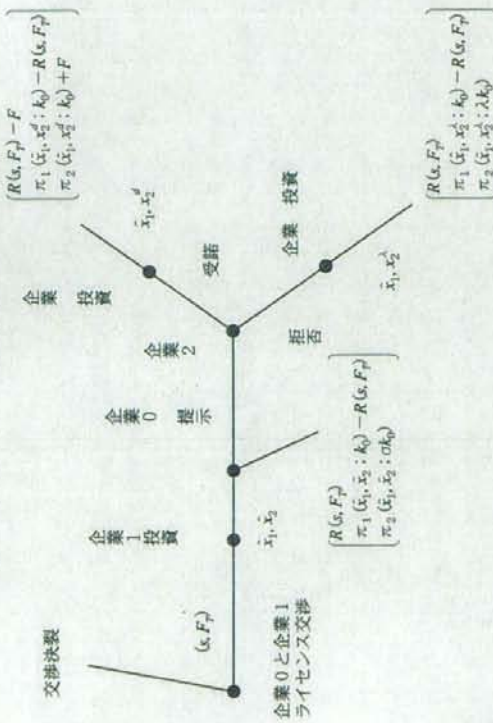
特許化せず企業秘密のままにしておくと企業0と接触がないとまったく開示  
がないので、ライセンスのない企業の費用係数は  $k_0$  のままである。逆に、  
 $k_0$  のままである一方で、一方の企業とライセンスを結んでから、企業0は今度  
はもう一方の企業に技術を売ることができ、これが非ライセンス企業がスピ  
ルオーバーを利用してきの特許と異なるところである。企業0がこのような機会  
主義的行動をとると、競争相手の投資費用が低下するのでライセンス契約した  
企業は不利になる。企業0のそのような行動を防ぐためにはライセンス企業  
は成功後の利得（アウトプット）から事後的にロイヤルティを支払う必要が  
ある。ライセンス交渉とその後投資のダイミニングは図2にまとめてある。企  
業2が企業0の提示を拒否した後の企業2の費用係数は  $\lambda k_0$  となっている。  
これはライセンス交渉で新中間技術の内容がある程度明らかになるので、スピ  
ルオーバーが起きることを示している。

企業0はまず、どちらから一方の企業にライセンス契約 ( $s, F_1$ ) を提示する。  
 $s$  はロイヤルティ（率）、 $F_1$  は固定費である。 $s$  は開発に成功した場合に取  
入のうち企業0に支払わなければならない割合を示している。図は企業1と最

7) この結果は Bolton and Whinston [1993] による。均衡戦略は複数であるが、典型的  
は Rubinstein の交渉モデルの結果であるので、別に記述しないが、以下のように考え  
られる。まず、企業0が一回だけどちらかの企業にオファーを提示し、それを企業1が  
受諾するか、拒否するかわゆる「交渉の余地のないオファー」(Take it or Leave Offer,  
伊藤 [2003]) をする場合は、企業1の取り分は留保利益（契約が成立しない場合の利  
益）しかなく、交渉による余剰はすべて企業0が獲得する。ここで仮定しているライセ  
ンス交渉では、「交渉の余地のないオファー」が拒否されると、企業2が「交渉の余地  
のないオファー」を受けるので、企業1の留保利益はその後の交渉の結果で決まる。さ  
ら、企業2が拒否すると、また企業1にオファーが提示されるので、企業2の問題を考  
えると、当初の企業1の問題とまったく同じである。このゲームは金太郎節のように、  
何回目のオファーでも、企業1と企業2にとってはまったく同じであり、今日のライセ  
ンス企業は明日の非ライセンス企業であるから、 $U_1 = U_2$  でなければならぬ。



図2 アウトサイダー 企業秘密ライセンス交渉



初に交渉すると仮定した場合である。まず企業1に契約を提示をし、拒否された場合は特許化するので企業0と企業1の利得は  $F_0$  と  $U_N$  になる。<sup>8)</sup> 一方、企業1が承諾した場合は、企業1と企業2はそれぞれ開発投資水準  $\bar{x}_1$  と  $\bar{x}_2$  を決める (同時に投資を決めるゲームのナッシュ均衡である)。企業1の費用は  $k_0$  になっているが、企業2の費用はスピンオフオーバーがないので  $\sigma k_0$  のままである。企業1が成功した場合の利益は、ロイヤルティー  $s$  を支払うので1ではなく  $(1-s)$  である。

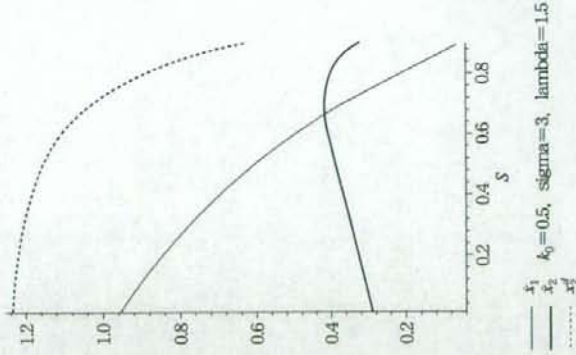
$$\bar{x}_1 = \arg \max_{x_1} (1-s) \frac{x_1}{x_1 + x_2 + r} - \lambda k_0 x_1,$$

$$\bar{x}_2 = \arg \max_{x_2} \frac{x_2}{x_1 + x_2 + r} - \sigma \lambda k_0 x_2 \tag{1}$$

補遺に詳しいことはあるが、以下の関係は(1)から推測がつく。<sup>9)</sup>

8) 交渉過程でスピンオフオーバーが起きているので、特許を取得してライセンスするのが最適な行動である。

図3 企業の投資



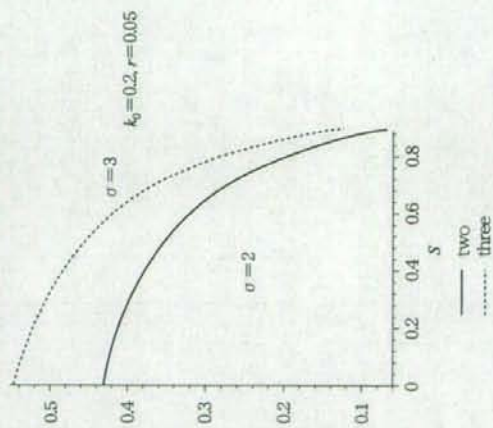
$$\bar{x}_2 = \frac{1}{1-s} \left( \frac{\bar{x}_1}{\sigma} + r \right) - r$$

企業1の投資は取り分  $(1-s)$  が減ると減少し ( $\bar{x}_1$  は  $s$  の減少関数),  $\bar{x}_2$  は  $\bar{x}_1$  を  $(1-s)$  で割ったオクタードになっているので企業2の投資は増加する ( $0.1 \leq s \leq 0.9$  のプロットが図3である)。企業1の利益  $\bar{\pi} = \pi(\bar{x}_1, \bar{x}_2; k_0)$  は  $s$  の減少関数であることがシミュレーションからわかる (図4が  $0 \leq s \leq 0.9$  のプロットで、詳しい式は補遺にある)。既存の技術が劣悪なほど ( $\sigma$  が大きいほど) 利益が高いこともわかる。

次に企業0はさらに企業2に情報売ることが可能であることが制約となつて  $s$  が決まることを示そう。企業秘密にたよる場合は、情報は公開されてい

9) 厳密には  $\bar{x}_1$  はすべて  $s$  の関数である。



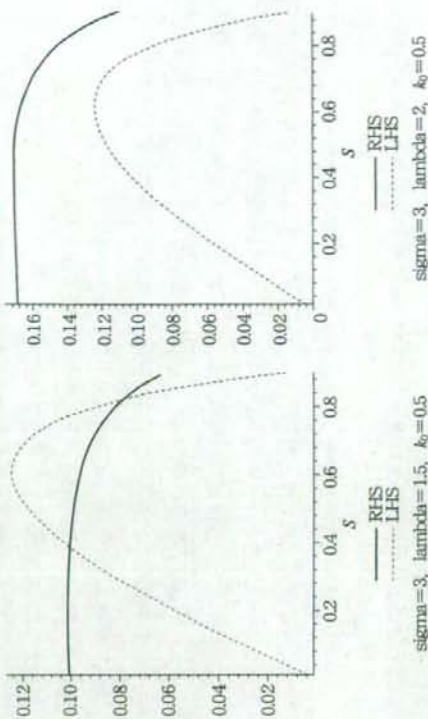
図4 企業1の利益  $\pi_1 = \pi(\bar{x}_1, \bar{x}_2; k_0)$ 

ないので、企業2はまったく中間技術の情報がない。しかし、企業0とライセンス交渉を行うと、その段階である程度情報が開示され、交渉が決裂してもスピルオーバーの恩恵があり、費用係数は  $\sigma k_0$  から  $\lambda k_0$  に下がる。企業2がライセンスを受けて中間技術の完全な開示を受けて費用係数が  $k_0$  となった場合と、交渉段階で不完全な開示を受け係数が  $\lambda k_0$  の場合との開発投資水準、 $x_1^d$  と  $x_2^d$  は、以下のようなことになる。企業1はすでに投資  $\bar{x}_1$  を行っているの  
で、それを所与とした企業2単独の最適化問題の解である（詳しくは補遺参  
照）。

$$x_2^d = \arg \max_x \frac{x}{\bar{x}_1 + x + r} - \lambda_0 x = \sqrt{\frac{\bar{x}_1 + r}{\lambda_0}} - (\bar{x}_1 + r)$$

$$x_1^d = \arg \max_x \frac{x}{\bar{x}_1 + x + r} - \lambda_0 x = \sqrt{\frac{\bar{x}_1 + r}{\lambda_0}} - (\bar{x}_1 + r)$$

2つの投資では  $\lambda$  のみが異なるので費用が低いほうが投資が高い ( $x_1^d > x_2^d$ ) ことがわかる。開示によって企業2の投資が増加することは企業1の利益、すな

図5  $s^*$  が存在する場合としない場合

わちロイヤルティーを低下させる効果がある。開示の有無に対応する企業2の期待利益は、以下のとおりで、明らかに  $\pi_1^d > \pi_2^d$  である。

$$\pi_1^d = \pi(x_1^d, \bar{x}_1; k_0) = (1 - \sqrt{\lambda_0(\bar{x}_1 + r)})^2$$

$$\pi_2^d = \pi(x_2^d, \bar{x}_2; \lambda k_0) = (1 - \sqrt{\lambda k_0(\bar{x}_1 + r)})^2$$

$\pi_1^d$  はライセンス契約を結んだ場合の企業2の利益、 $\pi_2^d$  は交渉のみに終わっ  
た場合の企業2の利益で、企業0が企業2から要求できる契約金はこれらの差、  
 $\pi_1^d - \pi_2^d > 0$  である。一方、ライセンスを受けることによって企業2の投資は  
 $x_2^d$  になり、企業1の利益（ロイヤルティーを支払う前）は  $\pi(\bar{x}_1, \bar{x}_2; k_0)$  から  
 $\pi(\bar{x}_1, x_2^d; k_0)$  に減少する。これに伴うロイヤルティー収入の減少が企業2か  
ら徴収できるライセンス料よりも大きければ、企業0は企業2のライセンス交  
渉をすることはない。よって、企業0が企業2に技術を提供するのを防ぐため  
には、以下の不等式が成立するロイヤルティーを企業0に支払う必要がある。

$$s \frac{\bar{x}_1}{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + r} - s \frac{\bar{x}_2}{\bar{x}_1 + x_2^d + r} \geq \pi_1^d - \pi_2^d \quad (2)$$

企業1はこれを満たす最少のロイヤルティー  $s^*$  からなるライセンス契約を許  
諾する。(2)を満たすロイヤルティーがなければ、 $s^*$  が存在せず、企業秘密下



でライセンスをすることはできず、企業0は特許化するしかない。 $s^*$ が存在する場合としない場合を描いたのが図5である。

さらに、シミュレーションにより以下のごとが考察される。

1.  $\lambda$ が増加すると $s^*$ が増加し、 $\sigma$ が増加すると $s^*$ は減少する。
2.  $h_0$ が増加すると、 $s^*$ も増加する。
3. 一定の $\lambda$ と $\sigma$ に対して、 $h_0$ が大きくなると、 $s^*$ が存在しなくなる。
4.  $\sigma$ が大きく、 $\lambda$ との差が小さい ( $\lambda$ が大きい) と、小さい $h_0$ に対しても $s^*$ が存在しなくなる。
5. 一定の $\sigma$ に対して、より $\lambda$ が小さいほうがより大きい $h_0$ の場合でも、 $s^*$ が存在する。

1~3はBhattacharya and Guriev [2006]のLemma 2に対応している。中間技術が優れていれば ( $h_0$ が小さければ)、企業1の利益が大きくなり、企業2への開示を阻止しやすい。また、開示の度合いが大きければ ( $\lambda$ がより1に近いほど) 企業2から徴収できるライセンス料が低く、条件が満たされやすい。逆に、開示の度合いが小さいと ( $\lambda$ が大きいと)、いくらロイヤルティを上げても企業2へのライセンスを防げなくなってしまう。これは、支払うロイヤルティを増やすために $s^*$ を増やすと、(1)から明らかのように、同時に企業1の投資水準を下げさせる効果があるためである。ロイヤルティ率を上げて、ももとなる利益水準が低下すると、事態は悪化するだけである。既存の技術が劣悪なほど ( $\sigma$ が大きいほど)、企業1の利益が大きくなるので、より小さいロイヤルティで(2)を満たすことができる。左辺は企業1の利益の差になっているが、第1項は企業2が $\sigma h_0$ の費用関数で生産している場合であるのに対して、第2項はライセンス技術で生産している場合なので、左辺への $\sigma$ の影響は相対的に小さく、 $\sigma$ が大きいほど両項の差は広がるはずである (Bhattacharya and Gurievはライセンスもスピロオパーもない場合はまったく投資ができなると仮定しているため、本論文の $\sigma$ に該当するものはないので、それに関する結果はない)。4と5は基本的に同じことをいっていて、相対的なスピロオパーが大きいか、劣悪な技術でも企業1の投資インセンティブをそこなわずに必要なロイヤルティを企業0に支払うことができるということである。相対的とは、もとの技術が劣悪なほど ( $\sigma$ が大きいほど)

必要な $\lambda$ の水準が低くなることを指している。

企業0の機会主義的行動を阻止するのはスピロオパーがあるほど容易になるので、企業秘密がライセンス可能なほど小さいときに有効という通説と逆である。企業秘密はスピロオパーが小さいときに有効という通説と逆である。それは従来のアプローチでは単に企業秘密は特許より保護の弱いものと定義しているのに対して、ここではスピロオパーの水準は同じであるが、起り方が特許とスピロオパーとは異なると解釈しているからである。

企業0の取り分 ( $s^*$ ) が決まると、企業の投資、そして利益 $\bar{m}$ が決まる。固定ライセンス料 $F_T$ は企業1の利益 $\bar{m}$ の残りのなかから、ライセンスを拒絶したときに期待できる利得、つまり留保利益の $U_N$ だけ企業1に残すように以下のように決まる。

$$F_T = (1-s) \frac{\bar{m}}{\bar{m} + \bar{u} + \tau} - h_0 \bar{u} - U_L.$$

企業0の総ライセンス収入はこの $F_T$ とロイヤルティの和で、 $T = \bar{m} - U_N$ になる。特許と企業秘密ライセンスで実現される剰余、ライセンスの利益と特許ライセンス料、企業秘密ライセンス料と特許化された場合の非ライセンス利益 $U_N$ をいくつかのパラメーターについて $h_0$ に対してプロットした (図6~8)。

すべて右下がり、つまり費用が高くなるとすべての利益が減少する。特許化されると開示が起こるので、特許ライセンス利得は $\sigma$ には関係なく、 $\lambda$ にのみ依存している。スピロオパーが大きくなると ( $\lambda$ が小さくなると)、ライセンス契約をしている企業の利益は減少し、非ライセンス企業の利益と企業秘密ライセンス企業の利益が増加する。開示により、ライセンスなしでも技術がかなりよくなるので、ライセンスの価値が減少すると予測できる結果である。先ほど議論したとおり、企業秘密の場合はスピロオパーがライセンスの価値を上げていく。スピロオパーが大きいと第2の企業からのライセンス収入が減少するため、企業2との交渉を防ぐために必要なロイヤルティが減り、ライセンス企業の投資インセンティブを満たすのが容易になるからである。しかし、 $U_N$ がスピロオパーにより増加するため、企業0の企業秘密ライセンス料は減少する。



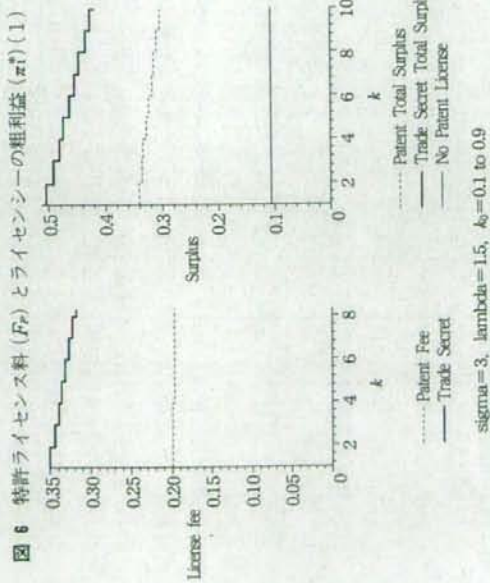


図6 特許ライセンス料 ( $F_p$ ) とライセンスシ-の粗利益 ( $\pi^*$ ) (1)

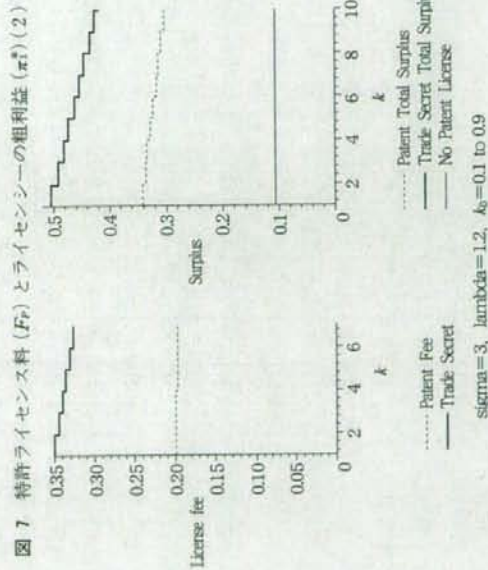


図7 特許ライセンス料 ( $F_p$ ) とライセンスシ-の粗利益 ( $\pi^*$ ) (2)

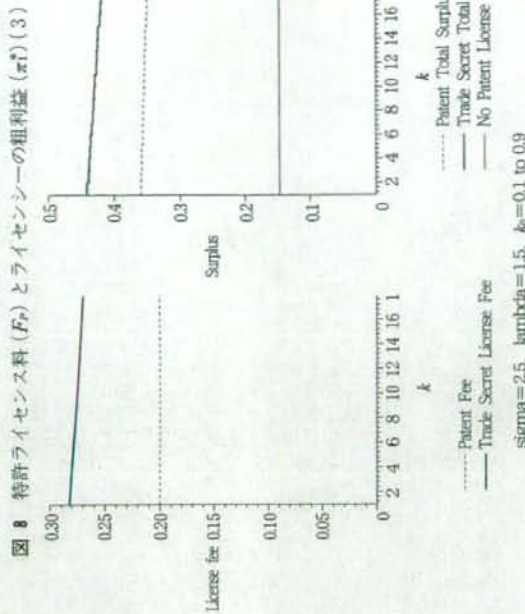


図8 特許ライセンス料 ( $F_p$ ) とライセンスシ-の粗利益 ( $\pi^*$ ) (3)

既存技術がよくないと ( $\sigma$  が小さくなると), 企業秘密ライセンス企業の利益は減少するが, これは非ライセンス企業の費用が低いためである. ライセンスを拒絶すると特許化されるが, それによる利得は  $\sigma$  に関係ないので, 企業秘密ライセンス料の減少に非ライセンス企業の費用低下が直接影響する. 逆に  $\sigma$  が大きいとライセンスの価値が大きいのことで, 新中間技術がより革新的 (つまり, 既存の技術が劣悪) であるとライセンス価値が上がるとも解釈できる.

### 3 インサイダーによるライセンス

本節では中間技術を所有している企業が自社で開発技術投資ができる場合, つまりインサイダーである場合を考える. 企業 0 は中間技術を使ってみずから開発投資をする一方, 既存の技術しかない企業にライセンスできる. ライセン



スするとライバルの投資費用を減少させることになるので、ライセンスをして  
 開発競争を自分にとって不利にするよりも、ライセンス収入を見送るといった  
 選択も当然可能である。これは3.3で検討する。

企業0, 1, 2の開発投資費用の係数が $(k_0, k_1, k_2)$ であるときに、3つの企  
 業が同時に投資基準を決めた場合の企業 $i$ の(ナッシュ均衡)投資は以下のと  
 おりである。(導出は補遺参照)。

$$x_i(k_0, k_1, k_2) = [x(k_0, k_1, k_2) + r][1 - k_i[x(k_0, k_1, k_2) + r]] \quad (3)$$

ただし、 $x(k_0, k_1, k_2)$ は3企業の均衡投資の合計 $(x_1 + x_2 + x_3)$ で、

$$x(k_0, k_1, k_2) = \frac{1 + \sqrt{(k_0 + k_1 + k_2)r + 1}}{k_0 + k_1 + k_2} - r$$

である(補遺の(9)で $n=3$ の場合)。前節の2企業の場合と同様に総投資は費  
 用係数の合計に依存している。費用係数が低いほど、つまり効率的に投資がで  
 きる企業ほど投資水準が低くなることを(3)は示している。総投資である $x(k_0,$   
 $k_1, k_2)$ は $k_i$ の減少加関数であるので、他の企業の費用が上昇すると、企業の  
 投資は増加することも同式からわかる。企業 $i$ の期待利益は

$$\pi_i(k_0, k_1, k_2) = [1 - k_i[x(k_0, k_1, k_2) + r]]^2 \quad (4)$$

である。投資費用が低いほど利益が大きいかを示している。

3.1 特許を取得する場合

ライセンス交渉のタイミングはアウトサイダーの場合と同じであるが、投資  
 が全3企業により行われる。ライセンス交渉過程と利益をまとめたのが図9で  
 ある。企業 $i$ がライセンスがあれば、 $k_i = k_0$ で、ライセンスがないと、 $k_i =$   
 $\lambda k_0$ であり、特許の開示効果を反映している。企業0は中間技術の所有者であ  
 るから、投資費用は $k_0$ である。契約が成立した後、3企業の投資の利益は(4)  
 で $k_i = k_0$ と $k_i = \lambda k_0$ とした場合である。企業0の利益はライセンス料だけにな  
 く、自社が成功した場合の(期待)利益が加わり、 $\pi_0(k_0, k_0, \lambda k_0) + F_p$ となる。  
 前節の2企業の場合と同様に、均衡上では企業1(最初に提示された企業)が

図9 インサイダー 特許ライセンス交渉

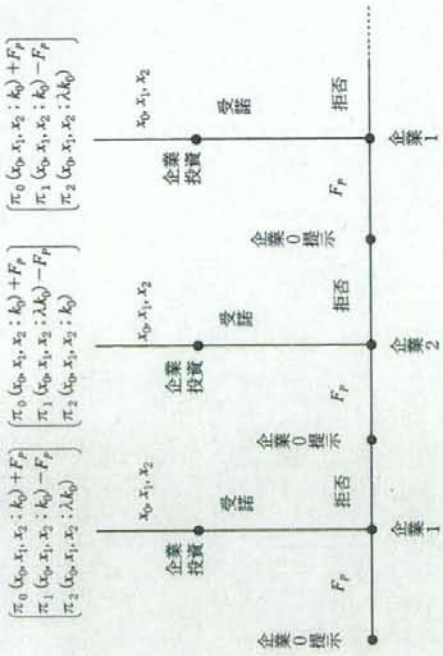
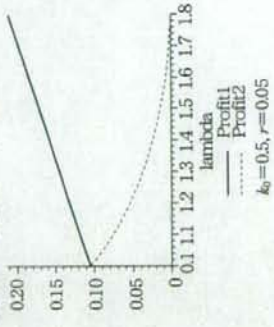


図10  $\pi(k_0, k_0, \lambda k_0)$  と  $\pi(k_0, k_0, k_0)$



一回目の提案を受諾する。ライセンス料 $F_p$ はライセンスがある場合とライバ  
 ルがライセンス契約をした場合との差になる。

$$F_p = \pi(k_0, k_0, \lambda k_0) - \pi(k_0, k_0, k_0) \quad (5)$$

$\pi(k_0, k_0, \lambda k_0)$  と  $\pi(k_0, k_0, k_0)$  をプロットしたのが図10である。

企業0がアウトサイダーである場合と異なるのは、企業0が投資をするので、  
 各企業の期待利益が企業0の $k_0$ にも依存することである。各企業の均衡利得

10) 相対的とは $k_i$ が減少すると、 $k = \sum k_i$ も減少し、 $x(k_0, k_0, k_0)$ が増加する。よって、  
 利益が増加するには、 $k_i$ は、 $k = \sum k_i$ は減少しないように $k_i$ は減少する必要がある。