

うな診療を行って、どのくらい材料費をかけて、結果はどのようであったか、それで患者の満足度はどうであったかといったことが、なかなか見えてこないですね。結局「見える化」というのは、そういった内容を1つ1つ見せていくことです。

例えば当院の場合、血液内科は政策医療の面があり、必ず赤字になります。だから、スタッフには「あなたが悪いのではなく、今の診療報酬体系が悪いのだが、地域のニーズに応えるためには必要な科なのです」と話すわけですね。そして、必ず経時的な変化を出して、何かあったら注意するようにしています。

——先生方の病院では、「見える化」によってどのような風景を描こうとしているのでしょうか。

神野：われわれが「見える化」しなければならないのは、顧客満足に関わる医療の質、紹介者満足に関わる医療連携、職員満足に関わるコアミッションの明確化だと思います。いまさら電子カルテが良い悪い



森川富昭（もりかわ・とみあき）氏
徳島大学医学部歯学部附属病院 病院教授・病院情報センター部長
■IT化の現状：オーダーリングシステム（02年稼働）、電子カルテ（07年稼働）
■「見える化」への取り組み：業務のIT化で蓄積されたデータの集計、分析による2次利用など。

といった議論はナンセンスで、苦勞して電子カルテに蓄積したデータをどのように使うかということです。それによって、「質の改善の種や業務の無理・無駄が「見える化」されてくるのです。

相田：病院の経営にはミッション、ビジョンがあり、そこに戦略とオペレーションがあるわけです。ミッションやビジョン、戦略は、病院によってそれぞれ独自のものがあるわけですが、オペレーションをどれだけ上手に行えるかが、病院の質や経営に大きく影響してきます。病院は専門職部門制なので統括が難しく、現場の問題よりもう少し高いレベルの調整は非常に大変です。そういう問題を「見える化」し、共有しながら、さまざまな実行プランを練ることが大切です。

平川：私は、一番大事なものは、「見える化」によっていかに医師のモチベーションを上げるかだと思います。皮膚科や小児科の医者に成績を上げるといっても、診療報酬上、絶対に無理です。そこをどうやら働いてもらえるか。例えば論文をどれだけ発表したとか、治験をどれだけやったとか、そのようなことを評価する方法もあると思います。こうした目に見えない、数字に表しづらいところを「見える化」していくことが、医師のモチベーションを上げ、結果的に経営に結びつくのではないのでしょうか。

宮島：お話を伺っていると、相田先生は、経営は収支という1つのパラメーターで行うのが良いという考え方ですね。平川先生はちょっと違って、別のパラメーターを用意して両方で評価した方がいいのではないかと仰っています。実際はそれをどう按分するかが難しいのですが、独自の工夫をして各科で一定の基準を設定すると、目標が明確になってきますね。

相田：結局はトップの経営のスタイルの問題です。どれが正しいというよりは、やはり自分のスタイルもありますし、病院の文化もあります。ドクターの性格にもよります。

す。見た方が頑張る人と、見るだけで拒否する人も（笑）。

平川：国民性や市民性もあるかもしれないし、日本の中でも東と西では文化が違うでしょう。ただ、最終的に収入面で成果が出れば、いかなる方法論を取っても構わないわけです。

宮島：それを判断するのが、経営者ですからね。

平川：ただ我々もやはり「人」なので、人をいかに重視するかということが一番大事です。

宮島：その点、私の場合は逆ですね。私自身、現役の医者ですが、病院を構成する「医師」という要素に対してはシビアに対応します。マクロ視点で経営を考えている時は、ミクロ的なものが見えない方がいいのではないのでしょうか。経営する時に、まさに「雑音」そのものになります。そこに単純な「見える化」への疑問も出てしまうのです。

星：私も同じような意見です。医師一人ひとりの希望や言い分を把握すること自体に意味はあるのですが、それに拘泥されると正しい経営判断はできないと思いますね。以前、個別にヒアリングをしたことがあったのですが、却って医師たちを不安にし、追い込んでしまったと感じたことがあります。

相田：確かに、自分の意欲を削ぐようなミクロな情報は、見えない方がモチベーションは上がりますね。病院は結局、固定費産業ですから、一定の資源の中でどうフル稼働させて、より付加価値の高いサービスを提供していくか、しかありません。「見える化」を語るのなら、その部分をクローズアップさせる必要があります。

それと、確かに「見える化」は重要ですが、ITガバナンス全体という視点で考えれば、部分的なものです。そこで「見える化」の意味をどう絞り込むかを考えるべ



川淵孝一（かわぶち・こういち）氏
東京医科歯科大学大学院 医療経済学分野教授

きでしょう。

川淵：一種の成果主義であるペイ・フォー・パフォーマンス（Pay for Performance）の前に、ペイ・フォー・レポートイング（Pay for Reporting）を日本の医療界は急ぐべきだと思います。つまり「見える化」にしても、大事なものは結果ではなくプロセスなのです。プロセスを重視するためには、やはり確かな定義づけと、データを入手する仕組みが必要です。

見えた情報を病院経営にうまく反映することが大切

——最後の質問です。見せる、または見せた後、それをどうやって経営に反映、昇華させるか、ということをお聞かせください。

川淵：そこが実は、経営の妙ではないでしょうか。

相田：「見える」といっても、結局は問題解決のためにやっていることです。病院は基本的に1社1工場だから、問題は比較的簡単に見えるものです。それを解決するためにどう分析していくか、ということですね。

経営トップは、かなり問題点を認識しています。ただ、現場は必ずしも認識しているわけではありませんから、そこを経営の視点から分析するために、どういう順序付けをしながら問題を「見える化」していくかです。

正木：私は、病院のさまざまな情報を見せて全職員に浸透させ、ビジョンのもとに改善への活動が始まるということが、本来の「見える化」だと思っています。そのためには、職員一人ひとりが自ら情報を欲するよう、つまり自分もチームの一員なのだという自覚が持てる環境づくりも必要です。

堺：病院の経営者は、職員に対して、情報はなぜ必要か、「見える化」はなぜ必要なのかという認識を共有していく必要がありますね。

川淵：例えば、問題が仮に分かっているのであれば、それにまつわるデータとして「こういうものがあります」と提示すべきです。全職員がいろいろな角度で見られるデータの仕組みを構築し、その中でどのように自分たちが問題解決に貢献できるかを考える、そういう気運が生まれるとすごく良いですね。

——最後に、座長を務めていただいた神野先生とマイクロソフトの大井川さん、そして川淵先生の発言で締めくくりにさせていただきます。

神野：「見える化」がなかなかできていない現状を打開するためには、見せる力がとても大事だと思います。そこにもし、ITが入ってくる隙間があれば入ってきてほしいですね。「見える化」には経営の視点なり看護の視点なり職員の視点なり、いろいろな面があって、その視点ごとにどう見せていくかが重要だと感じます。

大井川：やはり、どういうものをどういう形でデータとして見せていくかは、特に医療の世界ではまだ議論が多く難しいところですね。ただ1つだけ言えるのは、問題

意識がきちんとあるならば、それをどう解決するかというときに、絶対にデータというものが必要になってきて、それをどのように見せるかという部分には必ずITがサポートする余地があるということです。製造業などでも、現場の人間が一番分かっていると思っていたことに、実は多種多様な問題があったわけで、同じことが医療の世界でも言えるのではないのでしょうか。

川淵：IT化、あるいはIT化を通じた「見える化」の目的は、数字の閲覧ではなく、問題解決にあるわけです。例えばDPCにしても、そのデータから何を読み取るか、本当に医師や病院職員が「これならやろう」と思わせる「見える化」が必要ですね。特に医療は複雑系なので、まだまだファジーです。それゆえ、医療経営についても本当に何が問題なのか、きちんと認識することが求められているのです。

そう考えると結局、医療機関や医療界は今何を生み出しているのかという、そこに行き着きます。病気が1万4千種類もあります。それに医薬品や医療者といった中間投入財を使って、いったい何を生み出したのか、最終成果物は何か、そのエピソードを描くことに「見える化」の本質は尽きると思うのです。



大井川和彦（おおいがわ・かずひこ）氏
マイクロソフト株式会社 執行役員常務パブリックセクター担当

3

病院における「情報」は いかなる組織が 収集・分析すべきか — 徳島大学病院の事例から



◆Summary

It is important for governance and management in a hospital to visualize information and then utilize it. For its accomplishment, it is required to strengthen organization of back office and to bring up P/L periodically; therefore, IT department and medical affairs department shoulder important roles.

森川富昭

徳島大学医学部・歯学部附属病院
病院情報センター センター部長

要旨・病院ガバナンス、経営マネジメントには情報を見える化し、活用する仕組みが重要である。それには横断的な組織改革により事務組織を強化し、定期的に経営データをボトムアップできるようにする必要がある。そのためにIT部門と医事部門が重要な役割を担う。

病院組織のガバナンスとマネジメント

各部門が専門家の集合体である病院はマトリクス構造組織になっており、職種と診療科という複数の指揮系統が存在する。そのため、スタッフ間のコミュニケーションが不足し意思疎通とガバナンスが効きづらい。それぞれの専門分野におけるスペシャリストとしてのスキルアップには熱心であるが、病院組織をマネジメントするという意識が希薄になりがちである。病院組織においてガバナンスを効かせるためには、病院長の強いリーダーシップが必要である。さらに、病院長を中心とした管理職が組織横断的に病院を理解し、スタッフ全員に対して病院のミッションや価値観を繰り返し教育し、共有する必要がある。

また、病院組織のマネジメントには、現場の情報を病院経営陣まで挙げるボトムアップの仕組みと、経営陣からトップダウンで組織を管理・運営する仕組みが必要である。PDCAサイクルなどを用いて、継続的にそれらを遂行していくことが、質が高く健全な病院経営に要求されている。さらに、医師・コメディカル・事務の三位一体の経営基盤を整え、管理職が担当部門だけではなく、他部門との

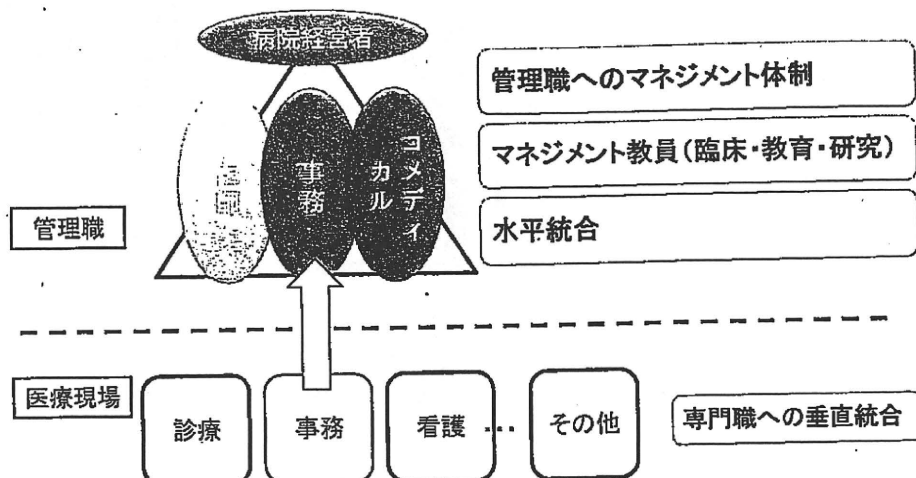


図1 三位一体（医師・コメディカル・事務）の経営基盤

連携も円滑に取れるような仕組みを作ることが病院経営には重要である（図1）。このように、現在では病院組織も縦断的な組織構造から、横断的な組織構造への改変が必要とされている。

横断的な組織構造へ改革を行うに当たって、重要な部門として医事部門とIT部門の2つがある。医事部門は診療報酬を算定し、

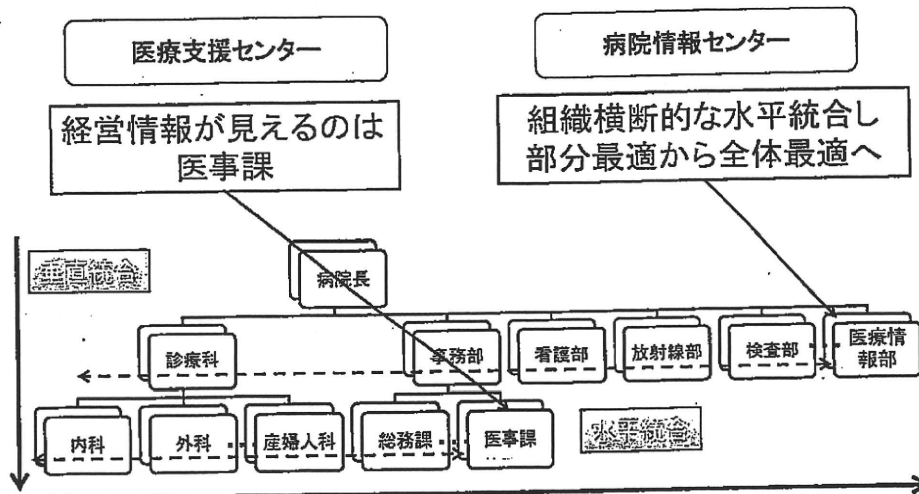


図2 徳島大学病院における水平統合の組織作り

経理事務を行う部門である。そのため、全ての部門、職種と関わりがあり、組織横断的に業務に携わっている。IT部門はシステムの企画、運用を担当しており、そのシステムの利用者は部門、職種を問わず病院全体が対象になる。そのため、業務遂行に当たっては各部門、職種を超えて組織横断的に関わっていく必要がある。ガバナンス・マネジメントの

確立には、組織横断的に関係性を持つこの2つの部門が大きな役割を担っており、この2つの部門を活用して権限の集約を行い、横断的な組織構造を実現すべきである。

また、IT部門を組織化し病院マネジメントを考える力のあるCIO (Chief Information Officer) が必要となってきた。CIOは最新のIT技術を取り入れつつ、院長や理事長ら経営者の戦略、医療現場にニーズ、患者の要望のすべてを鑑みて、新規プロジェクトなどの優先順位をつけ、病院にとって最も適したIT戦略を立案し、実施していくことが求められている。

徳島大学病院では組織改革として、情報戦略の統括、実施、システムの運用を担う組織として「病院情報センター」を2009年3月に、医事業務における支援、病院内調整を担当する組織として「医療支援センター」を05年4月に設置し、組織横断的なマネジメントを行っている（図2）。ここではこの2つの組織の事例を紹介したい。

IT投資の全体最適化 — 徳島大学病院の事例①

電子カルテシステムが稼働するようになるとIT投資額も大きくなり、病院全体を見据えた全体最適なシステムが必要となってきた。しかし、未だに部分最適なシステム設計をしている病院が多い。例えば、放射線システムは放射線科の医師と放射線部門の診療放射線技師がシステム仕様書をまとめてプロジェクトマネジメントを行い稼働させている

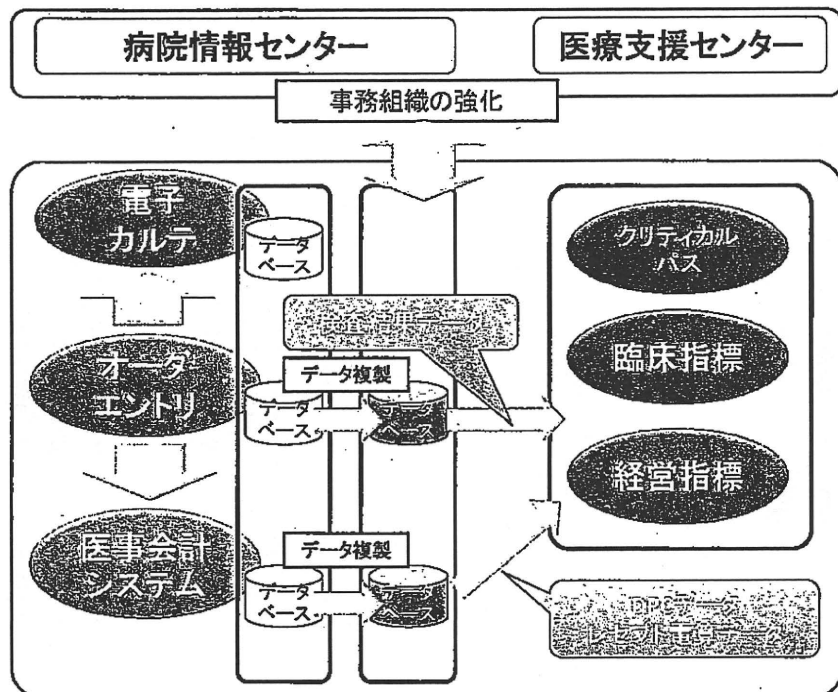


図3 医療情報の2次利用

ケースがあるが、これでは病院全体にとって最適なシステム設計を行っているとはいえない。そこで、IT部門が病院全体にとって最適なシステムは何かを考慮しながら各部門システムへの企画、管理、運営を各医療現場のスタッフや病院経営者とコミュニケーションを取りながら進めていく必要がある。これにより、病院情報システムの集約化と効率化を行い、IT投資の効率化が可能となる。

徳島大学病院の病院情報センターは09年3

月、それまでの医療情報部と医事課医療情報係が統合して発足した。病院情報センター発

足の目的は、院内の医療情報を集約化し、医療の質向上や病院経営の改善に役立てることである。このような組織改革を行い、病院情報センターとしてIT組織が確立されたこと

により、情報システムの集約化と効率化を行うことが可能となった。今までの部門システムは、その部門で使用することを重視することが多く、病院情報システム全体への接続や医師や看護師の利便性まで考えられていない場合があった。しかしながら、病院情報センターが病院とITメーカーを結びつける

コーディネーターとなることで、この問題を解決することが可能となった。それにより、部分最適であったシステムが全体最適のシステムへと変更できるようになった。その結果、システムの利便性が向上しただけでなく、経費の削減を行うことも可能となった。

当院の手術情報システム・循環器画像システム・統合画像システムは、病院情報センターが介入し09年度に更新を行った。統合画像システムについて、仕様書の見直しや価格交渉を行った結果、初期導入時の04年と比較して導入費が約17・1%・保守費が約33・3%削減できた。

しかしながら、現状のITシステムの投資額は病院収益の4・9%を占めている。我々はITシステム投資額が病院収益に対して高い割合を占めていると判断し、今後導入・更新のシステムについても導入費や保守費の見直しが必要であると考えられる。投資額のみならずITシステムの投資が現場にどれだけ

効果があったか、その有効性の評価も必要である。

現在、徳島大学病院では投資効果を定量的に測定する方法が確立できていない。今後の課題として、ITシステムの投資効果を測定について検討する必要があると考えられる。

医事業務改革

徳島大学病院の事例②

徳島大学病院では、07年から医事業務改革プロジェクトとして医事業務の見直しに着手した。電子カルテやオウダエントリシステムをはじめとするIT化の結果、医師と医事課職員のコミュニケーションが減少し、カルテとレセプトの整合性に問題を抱えるようになっており、また、人件費削減のため医事業務の多くは外注され、院内から診療報酬請求に関わるノウハウが失われてしまっていた。

医事業務である診療報酬請求は、病院の経営基盤に関わる重要な業務であり、病院経営マネジメント強化のために医事部門の組織体制の整備、業務改革に取り組んでいる。

まず、07年11月から08年3月の5ヵ月間をかけ、各診療科の医師にヒアリングを実施した。まず、レセプト電算データ及び医事会計システムのデータを活用し、医学管理料の算定状況を分析し、算定漏れがないか検証した。データ分析は外部コンサルタントの協力を得て、病院情報センターと医療支援センターが連携していった。

算定状況分析をもとにヒアリングを行った結果、「医師が医学管理料算定に必要な条件、

もしくは医学管理料自体の認識不足、「指導を行っても伝票記入やオーダー入力などオペレーション漏れ、医師と医事職員のコミュニケーション不足」により取り漏れがあることが判明した。

これらの問題を解決するために、医師に対して医学管理料の算定要件や診察記事記載の方法など、医学管理料についての情報提供を実施した。また、オペレーションを原則オーダーエントリシステムからの入力に統一することで簡素化した。

その結果、08年度の医学管理料算定件数を前年の07年度同時期と比較すると、約11%増加した。毎月の医学管理料算定状況については、レセプト電算データを活用することで、その算定件数の推移を継続的に把握している。算定件数の急増減などがないかを継続的にチェックすることにより、適正に運用が行われているか監査している。

さらに、それまでほとんど手作業で行われていたレセプト点検業務について、レセプト電算化されていることを活用し、業務効率化とレセプト点検の質向上、均質化のためにレセプトチェックシステムを導入した。システム導入に際しては病院情報センターと医療支援センターが共同で取り組んだ。病院情報センターが医事会計システムなどの既存システムとの調整や運用環境の整備、医事課がレセプト点検マニュアルの整備や現場調整などを

担当した。

従来は点検レセプトに必要な病名が足りない場合、単純に医師へは病名不足であるとして指摘していなかった。そこで医師への業務支援として適応疾患の候補病名を列挙し、医師審査時に医師に適切な病名を選んでもらうこととした。入力作業などのオペレーションは医師の承認のもと、医事職員が代行して行う運用とした。これにより医師の業務負担を減らしつつ、それまで個人の技能や、現場での対応で済まされていた作業を標準化することで、診療報酬請求業務の効率化と質の向上を実現している。

今後必要になるITシステム貯蓄 データと事務組織の強化

医事課は診療報酬請求や会計を行う部門であり、病院における経理部門である。医事会計データとは病院における経営情報であり、経営情報が見えるのは医事課である。そのため病院経営マネジメントのためには、これら医事会計データを見える化し、経営分析、戦略立案に活用できる仕組みが重要である。それには事務組織を強化し、病院長や経営マネジメント層へ定期的に経営データをポトムアップできるようにする必要がある。

これまで紹介したように、徳島大学病院では病院情報センターと医療支援センターの2

のシステムに必要分析、データ収集を行ってジメメントに必要な分析、データ収集を行っている。現在病院における業務の多くはシステム化されており、業務情報や医療情報は電子データでデータベースに格納されている。医事業務においても医事会計システムが導入され、レセプトでは電子データで提出されるようになってきている(図3)。

これらITシステムに格納されているデータを効率よく分析するには、当然システムに一番精通しているIT部門の協力が重要である。また、経営だけでなく医療の質についても重要である。

現在、徳島大学病院ではクリティカルパスやセットオーダーパス作成のために、病院全体や診療科ごとの疾病構造、疾患ごとの在院日数や診療行為の分析にDPCデータを活用している。今後はオーダーデータ、レセプトデータを活用して医療の質を測るクリニカルインダイケータを用いた分析が必要であると考えられており、今後ITシステムに蓄積されているデータの活用と、そのための事務組織の強化がますます必要になるであろう。

森川富昭(もりかわ とみあき) ●69年徳島県生まれ。マサチューセッツ工科大とハーバード大でMOT(技術経営)を受講し、神戸大でMBA(経営学修士)を取得。徳島大病院医療情報部准教授を経て、09年同病院教授。現在、病院情報センター部長として大学病院のIT化を担当。電子カルテの構築や医療経営に携わる。

病院情報部門

情報戦略を駆使した病院改革 第7回

DPCとレセプトデータを活用した医療の質と経営の評価

徳島大学病院 病院情報センター センター部長

森川富昭

■医療と経営の質の評価には
医療情報の2次利用が不可欠

ITシステム導入には「業務効率の向上」と「蓄積されたデータの分析」の大きく2つの利点がある。前者に関しては前回述べたとおり、業務効率の向上をESの向上に結びつけるため、ユーザが使いやすいシステム、インタフェースの構築が求められる。

今回は、後者である「蓄積されたデータの分析」について述べたい。この蓄積されたデータを2次利用することではじめて、「病院情報システムを最大限に活用している」といえる。

2次利用とは、医療情報を本来の目的である医療サービス提供のためではなく、統計指標や臨床研究などに利用することを指す。たとえば、病床利用率や1日入院単価といった経営指標や、クリニカル・パス、クリニカル・インディケータ作成のための基礎データとしての活用などがこれにあたる。

記録が電子化されていなかった時代は、統計調査においてもスポットで限られたサンプル調査が限界であった。しかし、病院情報システ

ムの導入によって医療の記録が電子化され、検索可能になったことで、全数調査を行うことができるようになった。疾病ごとや病院全体といったマクロな視点から、1症例ごとのミクロな視点まで統合的に分析可能になったのである。

現在、医療機関には健全な経営と質の高い医療サービス提供の両方が求められているが、これには客観的な事実に基づいて双方のパランスを取ることが重要になる。病院情報システムのデータ分析は、「医療の質」と「病院経営」の評価指標として活用する視点からも有効なものだと言える。

■分析に必要不可欠となる

データと手法の標準化・共通化

データ分析を行う際には、結果を比較検討するためにも、元となるデータおよび分析手法を標準化・共通化しておくことが重要である。これができるできないと、分析結果を適正に評価できない。一方、標準化データに基づいた共通の分析手法を利用できれば、医療機関同士で分析データを比較検討できるなど、効率的な分析ができるようになる。しかし、病院情報

システムは標準化されておらず、メーカーごと、導入されている医療機関ごとにバラバラなのが現状だ。そこで、今回は医療情報のなかで標準化されているDPCデータと、レセプト電算データを活用したデータ分析を紹介する。

■医療および経営分析に使える
DPCとレセプト電算データ

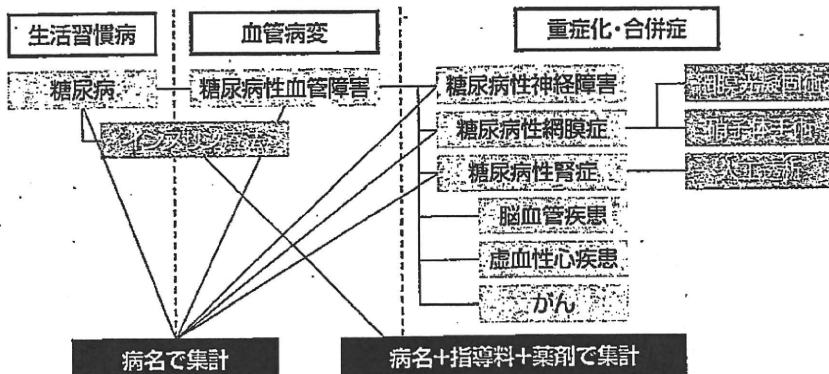
DPCは入院における急性期医療の診療報酬包括評価制度に用いられているが、もともとは医療情報の標準化ツールとして開発されたものであり、治療を行った病名と治療内容(処置、手術、一部薬剤の使用)が14桁の英数字で表されている。この14桁のDPCコードにはそれぞれ意味が定義されており、大きく分けると、最初の上位6桁で病名、続く下位8桁で診療内容を表している。

DPCは1入院ごとにつけられているため、どのような疾病にどのような治療を行ったか、臨床的な分析ができる。また、診療報酬の包括評価とも結びついているため、在院日数や医療費といった経営的な分析も可能である。

これらDPCデータは「DPC

DATA
 徳島大学病院
 徳島県徳島市蔵本町2-50-1
 TEL: 088-631-3111
 URL: http://www.tokushima-hosp.jp/
 病床数: 696床

図 糖尿病の重症化・合併症化分析モデル



DPCCとレセプト電算データの大きな違いは、前者がデータの記録形式だけでなく、DPCCコードにより病名と診療行為を紐づけて標準化しているのに対し、後者はデータの記録形式のみ標準化している点にある。当院ではこの2つの標準化データを利用し、病院

導人に係る影響調査」として厚生労働省が収集し、その一部を全国データとして公開しているため、全国平均との比較や地域での位置づけも分析できるなど、非常に使い勝手の良いデータである。

しかし、DPCCは急性期の入院を対象としているため、慢性期や回復期・維持期の症例や外来の症例は分析できない。このDPCCの対象外のデータもまとめて分析可能にするのが、レセプト電算データである。レセプトには月ごとに治療を行った病名と、処方、検査、処置、手術といった治療内容のすべてが記載されている。また、レセプト電算処理システムというオンラインでデータを送受信するシステムが整備されており、電子化の記録仕様も標準化されている。そのため、分析システムの構築も容易である。

「標準化データによる分析」
 徳島大学病院の事例

経営・医療の質の側面から分析を行っている。

① DPCCによるパレト分析と在院日数分析
 「パレト分析」ではDPCCコードごとに総包括総収入を集計し、降順に並べることで、どの疾患が何症例入院し、どれくらいの収入を上げているか、DPCC(II疾患)ごとの医療機関における収益構造を分析することができる。この結果に基づいて、どの疾患について経営資源を集中化するか、またはクリニカル・パスを導入するかといった効率化・集約化の検討を行っている。

一方、在院日数分析では、DPCCごとの在院日数のバラつきや全国平均在院日数との差を散布図で分析している。在院日数が全国平均と同程度で、症例ごとのバラツキも少なければ、治療内容のバラつきも少なくクリニカル・パスの導入もしやすいという分析が成り

立つ。このように、経営的・臨床的な側面から分析し、現場にフィードバックすることでクリニカル・パスの導入検討や、作業効率向上のためのセットオーダーパスの検討を行っている。

② レセプト電算データによる糖尿病疾病構造分析
 徳島県では糖尿病の死因が全国ワースト1であり、糖尿病の予防と重症化・合併症化の阻止が大きな課題となっている。そこで当院ではレセプト電算データを用いて、糖尿病の重症化・合併症化分析を行っている(図)。

糖尿病が生活習慣病から血管病変を来し、神経障害、網膜症、腎症といった合併症を併発するモデルを構築し、レセプトに記載されている病名および処置や薬剤からそれぞれ患者数がどの程度いるか、次の病変、疾病に進むまでどれくらいの期間がかかるのか、といった分析を行っている。

これら疾病構造とHbA1cなどの検査結果値を合わせて分析することで、どの時点で介入するのがベストなのか、治療方針の分析やクリニカル・パスの作成が可能になると考えている。

大規模交渉問題における論点グループ数の調整に基づいた自動合意形成機構

藤田 桂 英^{†1,†2} 伊藤 孝 行^{†1,†2} マーク クライン^{†2}

マルチエージェントシステムの分野において、各論点が相互依存関係にある複数交渉問題が注目されている。各論点が相互依存関係にあると効用関数は非線形になる。しかし、既存の手法では線形の効用関数を主な対象としており、非線形の効用関数を持つ膨大な計算コストへの対応が不十分であった。特に、論点が増加した場合の交渉プロトコルのスケーラビリティは重要な問題である。本論文では、論点の依存関係に基づいて論点グループを決定し、合意形成を行う手法を対象としてスケーラビリティの向上を目指す。さらに、本手法を複数ラウンドに拡張しグループ数を調整することで、最適性の高い合意案を発見できることを示す。

An Automated Consensus Mechanism Based on Adjustment of Issue-groups for Multi-issue Negotiation

KATSUHIDE FUJITA,^{†1,†2} TAKAYUKI ITO^{†1,†2}
and MARK KLEIN^{†2}

Most real-world negotiation involves multiple interdependent issues, which makes an agent's utility functions nonlinear. Traditional negotiation mechanisms, which were designed for linear utilities, do not fare well in nonlinear contexts. One of the main challenges in developing effective nonlinear negotiation protocols is scalability; they can produce excessively high failure rates, when there are many issues, due to computational intractability. One reasonable approach to reducing computational cost, while maintaining good quality outcomes, is to decompose the utility space into several largely independent sub-spaces. In this paper, we propose a method for decomposing a utility space based on issue interdependencies. We expand our mechanism to be multi-round as adjusting the number of issue-groups. This multi-round protocol can find high quality solutions with high scalability.

1. はじめに

マルチエージェントシステムの分野において複数論点交渉問題が重要な研究課題となっている。特に、電子商取引などの応用分野において、自動交渉の枠組みやメカニズムを開発することで、自動化が促進されることが期待されている¹⁾。しかし、エージェント同士の交渉において現実的な効用モデルの提案、プライバシー情報の公開に対する危険性の解決、合意を求める際の計算量爆発に対する対応などの課題が存在する。

複数論点交渉問題に関する多数の既存研究がある²⁾⁻⁶⁾。しかし、既存の研究では論点の独立性と、線形の効用関数が仮定されている。実世界の問題では複数の論点がすべて独立していることは稀であり、複数の論点が相互に依存する関係（相互依存関係）にある場合が多い。そこで、本論文では各論点が相互依存関係にある複雑な交渉問題を対象とする。各論点が相互依存関係にある場合、各エージェントの効用関数は非線形の効用関数で表現される。また、各論点に独立性が仮定された交渉問題において良質な合意案が発見できる手法でも、各論点が相互依存関係にある場合には、効用空間が複雑になるため必ずしも良質な合意案を発見できないことが指摘されている⁷⁾。

近年、論点が相互依存関係にある場合に対応可能な手法が提案されている。たとえば、文献 7) では、論点に相互依存関係がある問題に対して、非線形最適化手法を用いて合意案を発見している。特に、シミュレーテッドアニーリングと山登り法⁸⁾を基にした交渉手法を解析し、シミュレーテッドアニーリングを基にした手法が各論点が相互依存関係にある場合の合意案の発見に有効であることを示している。文献 9)、10) では本論文でも用いている制約を基にした効用関数を提案し、より現実的かつ複雑な効用空間を設定している。さらに、エージェントの選好情報を過剰に開示することなく社会的にも効用の高い合意を得ることが可能である、入札に基づく交渉手法を提案している。

以上のように各論点に相互依存関係がある交渉問題に対するプロトコルが提案されているが、交渉手法のスケーラビリティが重要な課題となっている。たとえば、入札に基づく交渉手法ではエージェント数や論点数が多い場合に合意案を発見することが困難であり、計算量を減らすことが重要である¹¹⁾⁻¹³⁾。そこで筆者らは、各論点の相互依存度に基づき論点グ

†1 名古屋工業大学情報工学専攻

Department of Computer Science and Engineering, Nagoya Institute of Technology

†2 マサチューセッツ工科大学スローン経営大学院

Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology

グループを決定し、論点グループごとに合意形成を行う手法を提案している¹⁴⁾。現実世界の交渉において論点グループは以下の場合を想定している。自動車の内燃機関の共同設計において、エンジン部分とキャブレター部分それぞれの合意案を決定してから、最終的に内燃機関全体の合意案を決定した方が効率的に交渉が行える。以上のエンジン部分とキャブレター部分が現実世界の論点グループに相当する。論点グループに基づく交渉手法では、まず、エージェントは相互依存関係グラフを生成し、存在する相互依存度が最大になるように、論点グループを決定する。その後、エージェントは論点グループごとに入札を生成し、それぞれの入札に評価値を設定する。最後に、メディーエータは入札情報を基に組合せ最適解を求め、論点グループごとに生成された合意案を組み合わせて最終合意案を求める。

しかし、論文 14) における論点グループに基づく交渉手法では論点グループ数を適切に決定することが困難であった。実際に論文 14) のシミュレーション実験の結果から、論点グループ数が多くなると最適性の高い合意案を発見することが困難であり、また、論点グループ数が少くなると合意形成に失敗する可能性が高くなることが分かっている。なぜなら、論点グループ数が多いと、各論点グループが扱う論点数が少なくなるため合意案を発見しやすくなるが、論点グループごとに存在する相互依存関係を無視せざるえないからであり、論点グループ数が少ないと逆の状況になるからである。

本論文では、論文 14) の論点グループに基づく交渉手法を複数ラウンド交渉プロトコルに拡張し、論点グループ数を調整を行う手法を提案する。本提案手法では、以下の 3 つの場合を考える。(1) すべての論点グループ数を調査して、最適性が一番高い場合を採用する。(2) 論点グループ数が少ない状況で合意案形成を行い、もし合意案を発見できなければ論点グループ数を増やして、再び論点グループに基づく交渉手法を実行する。(3) 論点グループ数が多い状況で合意案形成を行い、もし合意案を発見できなければ論点グループ数を減らして、再び論点グループに基づく交渉手法を実行する。(1)-(3) の手法に関して、合意案の最適性および計算時間に関して議論を行う。さらに、シミュレーション実験により、複数ラウンドに拡張することで解の最適性およびスケーラビリティを調整しながら合意形成が可能なることを示す。シミュレーション実験では論点グループの生成を行わない Basic Bidding⁹⁾ と Q-Factor に基づく手法^{12),13)} と比較する。Q-Factor は基本的に Basic Bidding と同様である。異なる点は、エージェントの入札生成およびメディーエータの勝者決定に用いる評価値を入札が持つ効用値ではなく Q-Factor という独自の値を使用する手法である。また、本論文で提案している (1)-(3) の論点グループ数の調整手法に関して、シミュレーション実験により合意案の最適率、計算時間に関して比較、解析を行う。

本論文の構成を以下に示す。まず、2章では本論文で扱う交渉問題の定式化と各エージェントが持つ非線形の効用空間について述べ、論点間の相互依存関係と相互依存度の定義および、論点グループに関する交渉プロトコルを提案する。3章では論点グループに基づく交渉手法の複数ラウンドへの拡張に関して述べる。4章において評価実験の結果を示す。最後に、5章において関連研究について示し、6章に本論文のまとめを示す。

2. 複数論点交渉問題と論点グループに基づいた合意形成手法

2.1 複数論点交渉問題と複雑な効用空間

本論文では、 N 個のエージェントが合意形成を試みる交渉の状況を考える。個々の論点を $i_j \in I$ と表し、論点が $|I|$ 個存在する。論点 i_j は $[0, X]$ の範囲 (X : 各論点がりうる任意の最大値) の整数を値として持つ ($1 \leq j \leq |I|$)。本論文では計算機上でモデル化する際に連続値でも離散化するため、論点を離散値として考える。

交渉の結果得られる合意案は、各論点の値のベクトル $\vec{s} = (s_1, \dots, s_{|I|})$ と表現される。エージェントの効用関数は制約を用いて表現する。個々の制約は $c_k \in C$ と表し、 $|C|$ 個の制約が存在する ($1 \leq k \leq |C|$)。本論文では、制約を、単一、もしくは複数の次元 (論点) に関して、制約充足条件となる値の範囲、および効用値を持つものと定義する。ここでいう効用は基数的効用を前提としている。 $\delta_a(c_k, i_j)$ は制約 c_k が論点 i_j に関して制約充足条件となる値の集合 (範囲) と定義する。制約充足条件が存在しない場合は \emptyset を返す。エージェントは制約 c_k に対して、合意 \vec{s} によって充足される場合にのみ、 $w_a(c_k, \vec{s})$ を効用値として持つことができる。交渉に参加するすべてのエージェントは、まったく共有されていない独自の制約集合を持つ。

合意 \vec{s} に関するエージェント a の効用を $u_a(\vec{s}) = \sum_{c_k \in C, \vec{s} \in x_a(c_k)} w_a(c_k, \vec{s})$ と定義する。 $x_a(c_k)$ は、制約 c_k を充足可能な合意案の集合である。本効用表現により、凹凸のある非線形の効用空間が形成される。本論文における効用空間とは、各論点がりうる値のあらゆる組合せについて、効用関数によって得られる効用値を空間状にプロットして得られるグラフを意味し、空間の次元数は、論点数+1となる。この効用空間では、多くの制約を充足可能な地点は効用が高くなり、逆に充足する制約数が少ない地点では、効用が低くなる。これにより、空間内に効用値による高低が生じる。

図1に、非線形の効用関数と効用空間の例を示す。図の効用関数 A は、論点1および論点2に関連する二項制約の例を図示したものである。効用関数 A では、論点1に関しては $[3, 7]$ 、論点2に関しては $[4, 6]$ の範囲で合意が得られた場合に制約が充足可能であり、その

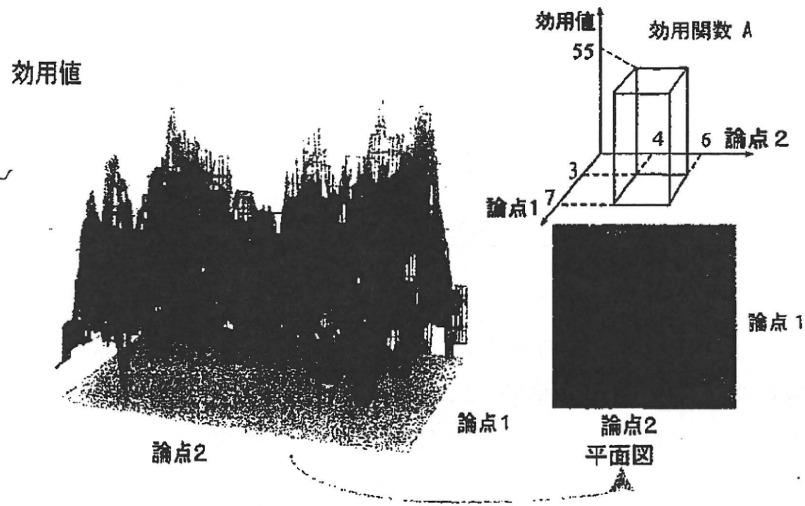


図 1 効用関数と効用空間の例
Fig. 1 Utility function and utility space.

場合得られる効用は 55 であることを示している。図が示すとおり、効用空間は各論点のとりうる値の全組合せを網羅した状態空間に、各エージェントが持つ全効用関数をプロットして得られるグラフである。現実世界の問題における非線形の効用空間は図が示す以上に山と谷が入り組んだ複雑な効用空間を想定している。個々の制約を表す効用関数が図 1 に示すような箱状の形を持つため、これを足し合わせた効用空間全体の中でも山の頂上や谷の底は点ではなく一定の面積を持つ面となる。

本論文における交渉プロトコルに目的関数は全エージェントの効用の総和とする。すなわち、提案プロトコルは社会的効用を最大化する合意案の発見を試みる。

各論点が相互依存関係にない場合、主に線形の関数として表現可能であるが、各論点が相互依存関係にある場合、非線形の関数として表現される場合が多い。文献 7), 9), 14) で示されているように、各論点が独立している場合に有効な既存の手法を本論文で扱う各論点が相互依存関係の交渉問題に適用して良解を得ることが困難である。

本論文では、文献 9), 10) と同様に全エージェントがすべての効用情報を公開して非線形最適化手法を利用する手法は採用しない。なぜならば効用に関する完全な情報の公開、すなわち真の選好情報を明らかにすることは、通常、実世界のユーザにとって好ましくないからである。また、エージェントは、利己的な効用最大化者であるため、真の選好情報の申告が必ずしも期待できない。実際に、制度設計に関する研究では、虚偽の申告が有効であるケー

表 1 エージェントが持つ制約情報
Table 1 Utility function for an agent.

ID	論点 1	論点 2	論点 3	論点 4	効用
1	[2, 4]	—	[4, 6]	—	20
2	—	5	[3, 7]	[1, 6]	40
3	[3, 8]	—	—	—	25
4	4	[2, 7]	9	[4, 5]	50

スが存在しうることを認識し、そのうえで、虚偽申告をいかに防ぐかが研究されている。したがって、実際にエージェントを利用するユーザのプライバシーの観点、および効用最大化を目的とした場合に真の申告が必ずしも期待できないという理論的観点から、エージェントが効用に関する完全な情報を公開することは非現実的である。

2.2 論点間の相互依存関係と相互依存関係グラフ

本論文では、もし、論点 X と論点 Y に関する制約が存在するならば、論点 X と論点 Y は相互依存関係にあると考える。たとえば、あるエージェントが表 1 のような制約情報を保持する場合を考える。表 1 の制約 1 では、論点 1 が 2 ~ 4、論点 3 が 4 ~ 6 の範囲内に存在する場合に効用値 20 を得る。エージェントは制約 1 を持っているため、論点 1 と論点 3 に関する二項制約を持っている。以上の場合、エージェントにとって論点 1 と論点 3 は相互依存関係にある。

次に、エージェントが持つ論点の相互依存関係の強さを示す指標として相互依存度 (interdependency rate) を定義する。本論文では、エージェント a の論点 j と論点 jj 間の相互依存度を以下のように定義する。

$$D_a(i_j, i_{jj}) = \#\{c_k | \delta_a(c_k, i_j) \neq \emptyset \wedge \delta_a(c_k, i_{jj}) \neq \emptyset\}.$$

上記の式において、 $\delta_a(c_k, i_j)$ はエージェント a における制約 c_k が論点 i_j に関して制約充足条件となる値の集合 (範囲) を示し、制約充足条件が存在しない場合は \emptyset を返すものとする (前節における定義と同様)。また、本式での $\#\{A\}$ は集合 A の個数 ($|A|$, $card(A)$ と同記述) を示す。

また、エージェントは論点間の相互依存関係を相互依存関係グラフ (interdependency graph) により保持している。以下に相互依存関係グラフの定義を示す。

$$G(P, E, w) : P = \{1, 2, \dots, |I|\} (P : \text{Finite set}),$$

$$E \subset \{\{x, y\} | x, y \in P\}, w : E \rightarrow R$$

相互依存関係グラフはノードを各論点、エッジを相互依存関係の有無、重みを相互依存

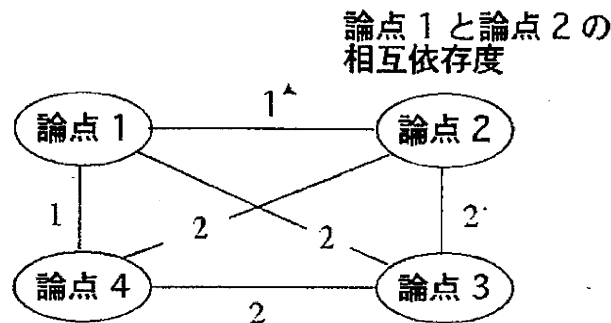


図2 相互依存関係グラフ

Fig.2 Interdependency graph.

関係度とした、重み付き無向グラフである。図2は相互依存関係グラフの例を示している。図2が示すように、頂点が各論点、エッジが相互依存関係の有無、各エッジの重みは相互依存度を示している。また、エッジの有無で依存関係が存在するかを判断する。相互依存関係グラフを用いることで、エージェントは各論点間の相互依存関係を容易に管理することができる。

2.3 論点間の依存関係に基づく合意形成モデル

以下に、論点グループに基づく交渉プロトコルを示す。本節で説明した論点グループに基づく交渉プロトコルは文献14)において提案された手法である。

[Step1: 相互依存関係の抽出] エージェントは自身の効用情報を探索し、相互依存関係グラフを作成する。本論文では、エージェントが持つすべての制約を調査し、各論点の相互依存関係を調査する手法を採用する。

[Step2: 論点グループの決定] 本ステップではメディエータがエージェントからの相互依存関係グラフから、論点間における相互依存関係の損失が少ない論点グループを決定する。損失が少ない論点グループとは具体的に、論点グループを作成した際に考慮されない相互依存度の和が最も少ない論点グループの構成を示す。まず、メディエータは社会的相互依存関係グラフを作成する。社会的相互依存関係グラフとは相互依存関係グラフの重みを社会的相互依存度 ($D(i_j, i_{jj}) = \sum_{a \in N} D_a(i_j, i_{jj})$) に変更したグラフである。次に、社会的相互依存関係グラフを用いて論点グループを決定する。本論文では、近傍探索手法⁸⁾を用いて最適な論点グループを決定する。近傍探索手法において用いられる評価値は論点グループに分割した場合に存在しているエッジの重みの和である。

[Step3: 入札の生成] まず、エージェントはすべての論点を対象にして入札を生成する。

具体的には、まず高い効用を持つ合意案候補が存在する範囲を特定するために、エージェントがそれぞれの効用空間でサンプリングを行う。エージェントは一様分布に従う乱数に基づいてあらかじめ決まった数のサンプリングポイントを取得する。

次に、効用空間のサンプリングの調整を行う。各エージェントはシミュレーテッドアニーリング (SA)⁸⁾ に基づく最適化を行い、サンプリングポイント周辺の合意案候補の発見を試みる。

最後に、入札の生成を行う。入札とは、各論点における制約が包含する範囲および制約の持つ効用からなる集合である。エージェントは、サンプリングポイントを調整して得られた各合意案候補に関して効用を計算する。ここでの効用とは合意案候補を充足する制約の効用の総和である。効用が閾値を超えている場合に限りエージェントは入札を生成する。生成する入札は合意案候補と同一の効用が得られる周辺すべてをカバーするように生成される。このような入札は、合意案候補 s に充足されるすべての制約の共通範囲をとることで容易に生成できる。次に、すべての論点を対象にして生成した入札を論点グループ別に分割し、分割した入札に対して効用値を決定する。分割した入札の効用値は、分割した入札がとりうる最大の効用値とする。

[Step4: 合意案の発見] 各エージェントのすべての入札の組合せを考慮し、論点グループ内で関係する論点グループ内の合意案を決定する。ここでは、各エージェントにつき1つの入札を採用し、論点グループに関係する論点間で互いに無矛盾で、最も社会的効用の高い入札の組合せを決定する。具体的には、まず、入札が持つ論点グループ内の論点に関する値の範囲の共通部分が存在するかどうか判定する。その後、共通部分の中で最も社会的効用が高いものを、合意案として選択する。各入札が持つ社会的効用を最大化する入札の組合せを見つけるために、枝刈り付きの幅優先探索を行う。そして、各論点グループから生成された合意案を組み合わせて、最終的な合意を形成する。

本手法は、論点グループの生成によりスケーラビリティが大幅に向上していることが文献 14) において示されている。特に、本手法は論点間の相互依存度と論点間の相互依存関係の存在が指数分布になる場合に、より適切な合意を発見することが可能である。

また、本手法は論点グループ数がスケーラビリティおよび解の最適性に大きな影響を与える。なぜなら、論点グループ数が増加するごとに解の最適性が減少する一方で、論点グループ数が増加するごとに合意形成失敗率が減少しているからである。図 3 は論点グループに基づく交渉手法においてグループ数が最適率、合意形成失敗率に与える影響を示している。本実験において、論点数 7、エージェント数 4 であり、効用空間は一様分布に基づく乱数に

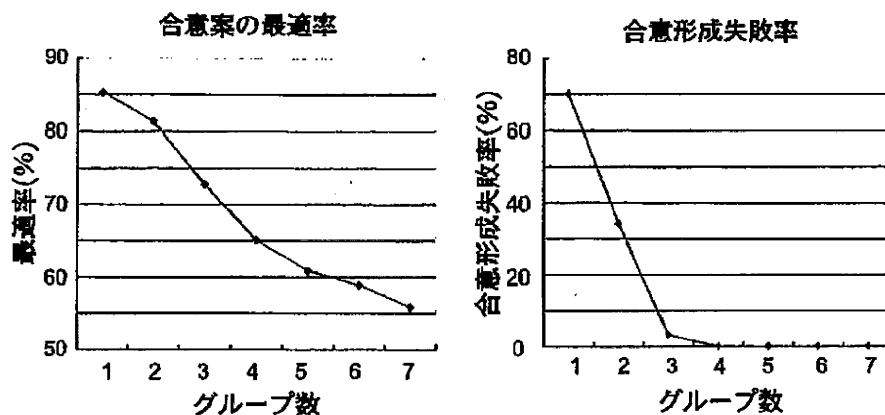


図3 論点グループ数の影響

Fig. 3 The effectiveness of the number of agents.

従って作成した。図が示すように、論点グループ数が増加するごとに最適率が減少しており、一方、論点グループ数が減少するごとに合意形成失敗率が増加している。

しかし、現実的に適切な論点グループ数を決定するのは大変困難であり、経験的な知識に頼らざるをえない。したがって、論点グループに基づく交渉手法では適切な論点グループ数を決定しながら、最適性の高い合意案を発見することが重要となる。

3. 論点グループ数の調整に基づいた複数ラウンド交渉プロトコル

本論文では、論点グループに基づく交渉手法を複数ラウンドにすることで適切な論点グループ数を決定しながら合意形成を行う。本論文では以下の3つの論点グループ数の調整手法を扱う。表2は本論文で提案する3つの手法をまとめたものである。

全探索型：すべての論点グループ数を調査して、発見された合意案の社会的効用が一番高い場合を採用する。アルゴリズムの詳細を図4に示す。まず、2.3節の [Step1] を実行する (図4の1行目)。次に論点グループ数を1に初期値を設定し (図4の2行目)、2.3節の [Step2]–[Step4] を実行する (図4の4行目)。もし、発見した解が今までの論点グループ数の中で最大ならば、解を保存する (図4の5–6行目)。以上の動作を論点数と論点グループ数が一致するまで繰り返す。本拡張により必ず合意できかつ解の最適性が最良な論点グループ数を確実に決定できる。

増加型：増加型では論点グループ数を増やしながら論点グループに基づく交渉手法を実行し、合意案を発見したら終了する。アルゴリズムの詳細を図5に示す。まず、2.3節の

表 2 論点グループ探索手法の特徴

Table 2 Features of the search methods for issue-groups.

調整手法	合意案の社会的効用	計算時間
全探索型	3 つの中で最大	3 つの中で最大
増加型	高い	全探索型より少ない
減少型	低い	3 つの中で最小

$I = \{i_1, i_2, \dots, i_M\}$, $Ag = \{a_1, a_2, \dots, a_N\}$
 Generate Graph(Ag): Generating Interdependent Graph (Step1)
 Find Solution(i): Finding Solutions when the Number of Issue-Groups is i
 (Step2 - Step4)
 1: Generate Graph(Ag)
 2: $i := 1$
 3: while $i \leq \text{number of issues}$
 4: Solution = Find Solution(i)
 5: if Solution is maximum
 6: maxSolution := Solution
 7: endif
 8: endwhile
 9: return maxSolution

図 4 複数ラウンド交渉アルゴリズム (全探索)

Fig. 4 Multi-round negotiation algorithm (Exhaustive search).

$I = \{i_1, i_2, \dots, i_M\}$, $Ag = \{a_1, a_2, \dots, a_N\}$
 Generate Graph(Ag): Generating Interdependent Graph (Step1)
 Find Solution(i): Finding Solutions when the Number of Issue-Groups is i
 (Step2 - Step4)
 1: Generate Graph(Ag)
 2: $i := 1$
 3: while $i \leq \text{number of issues}$
 4: Solution = Find Solution(i)
 5: if find Solution
 6: break loop
 7: else
 8: $i := i + 1$
 9: endif
 10: endwhile
 11: return Solution

図 5 複数ラウンド交渉アルゴリズム (増加型)

Fig. 5 Multi-round negotiation algorithm (Increment search).

[Step1] を実行する (図 5 の 1 行目). 次に論点グループ数を 1 に初期値を設定し (図 5 の 2 行目), 2.3 節の [Step2]–[Step4] を実行する (図 5 の 4 行目). もし, 合意案を発見できれば最終的な合意案として解を出力する (図 5 の 6 行目). もし, 解を発見できなければ論点グループ数を 1 増やして 2.3 節の [Step2]–[Step4] を実行する (図 5 の 3–10 行目). 以上の動作を解が発見されるもしくは論点数と論点グループ数が一致するまで繰り返す.

増加型は, 論点グループ数が多くなるほど発見される合意案の社会的効用が下がることを仮定すれば, 必ず社会的効用が最大となる合意案を発見できる論点グループ数を探索することができる. 論点グループ数が l のときの発見できる合意案の社会的効用を U_l とする. 論点グループ数が多くなるほど合意案の社会的効用が下がるので, $U_l \geq U_{l+1}$. しかし, 合意案が発見できないと得られる社会的効用は 0 である. したがって, 論点数 l 以上の場合に合意案を発見でき, l より小さければ合意案が発見できない状況では $U_l \geq U_{l+1} \cdots \geq U_{|I|} \geq U_{l-1} = \cdots = U_0 = 0$ ($|I|$: 論点数) となる. したがって, 本プロトコルでは社会的効用が 0 でない部分を論点グループ数を増やしながらか探索しているため, 最も社会的効用が高い合意案が発見可能な論点グループ数 l を発見している. しかし, 論点グループ数が多くなるほど合意案の社会的効用が下がる傾向があるという仮定は必ず成り立つものではなく, 近似的なものである.

減少型: 減少型では論点グループ数を減らしながら論点グループに基づく交渉手法を実行し, 合意案を発見したら終了する. アルゴリズムの詳細を図 6 に示す. まず, 2.3 節の [Step1] を実行する (図 6 の 1 行目). 次に論点グループ数を論点グループ数に初期値を

```

 $I = \{i_1, i_2, \dots, i_M\}, Ag = \{a_1, a_2, \dots, a_M\}$ 
Generate Graph(Ag): Generating Interdependent Graph (Step 1)
Find Solution(i): Finding Solutions when the Number of Issue-Groups is  $i$ 
(Step 2 - Step 4)
1: Generate Graph(Ag)
2:  $i :=$  number of issues
3: while  $i \geq 1$ 
4:   Solution = Find Solution(i)
5:   if find Solution
6:     break loop
7:   else
8:      $i := i - 1$ 
9:   endif
10: endwhile
11: return Solution

```

図 6 複数ラウンド交渉アルゴリズム (減少型)

Fig. 6 Multi-round negotiation algorithm (Decrement search).

設定し (図 6 の 2 行目), 2.3 節の [Step2]-[Step4] を実行する (図 6 の 4 行目). もし, 合意案を発見できれば最終的な合意案として解を出力する (図 6 の 6 行目). もし, 解を発見できなければ論点グループ数を 1 減らして 2.3 節の [Step2]-[Step4] を実行する (図 6 の 3-10 行目). 以上の動作を解が発見されるもしくは論点グループ数が 1 になるまで繰り返す. 減少型では, 論点グループ数が小さい場合に合意形成しやすく, 計算時間が短いことから, アルゴリズム全体の計算時間が少ない.

本論文では, 増加型, 減少型とも論点グループ数の増加量を最小量の 1 を用いている. 最小増加量を用いることで, 確実に適切な論点グループ数を決定する. 一方で, 適切な解を発見するまでの計算時間が最悪の場合かなり悪くなることが考えられる. 今後, 現実的な時間で確実に合意案を発見するためには, 論点グループ数の増加量を適切に調整する必要がある.

4. 評価実験

4.1 実験設定

本実験では, エージェント間の交渉を 100 回試行し平均値をとる. 本実験における設定は, 文献 14) と同様とする. 効用空間作成のパラメータは以下のとおりである.

- 論点数: 3-10
- 論点の値域: $[0, 9]$
- 制約数 (非線形効用空間): 10 (単項制約), 5 (二項制約), 5 (三項制約).
- 制約の最大効用: $100 \times (\text{論点数})$. したがって, 多くの論点に関して条件を満たす制約は, 平均して, 効用がより高くなる. 本設定は, 多くの問題領域において妥当であると考えられる. たとえば, ミーティングスケジューリングにおいて, 各論点を, 個々の参加者のスケジューリングの可否として定義した場合, より多くの参加者に関する制約が, より少数の参加者に関する制約より重要とするのは, 自然な設定である.
- 制約の最大範囲: 7. この設定の下では, たとえば, 以下の制約が妥当なものとして生成される. (論点 1, 論点 2, 論点 3) = $([2, 6], [2, 9], [1, 3])$.

本実験では主に 3 つの手法の比較を行う. (A-1)~(A-3) は本論文で提案している複数ラウンドの論点グループに基づく合意形成手法である. また, “(A-1) 論点グループ (全探索)” は複数ラウンドの論点グループに基づく交渉手法で, 論点グループの探索は全探索型である. “(A-2) 論点グループ (増加型)” は複数ラウンドの論点グループに基づく交渉手法で, 論点グループの探索は増加型である. “(A-3) 論点グループ (減少型)” は複数ラウンドの論点