

2,3 種類の既製品が用いられるのみという状況であった。2006年にルールが改定されたものの、それ以前の慣習が未だに続いている。競技クッションにおける現状の課題は、①競技用クッションとしての特性・適応に関する情報提供が少ない、②依然として本人の嗜好や車椅子製造・販売事業者の経験則によるところが大きい、③車椅子と同じメーカー品を盲目的にセットで使用、さらに④医学的な適合性の検証が不十分であり、不適合状態の製品を長期間使用している場合も見受けられることなどである。また、競技上の乗車設定としてベルトにより強固に骨盤・大腿部を固定した一定の状態下で長時間乗車し続けることなどを鑑みても褥瘡ハイリスク者においては競技すること自体が直接的な原因、または競技により皮膚にダメージを負い、他要因と複合的に褥瘡発症の一因となりうる。

競技者に関して健康状態を調査した報告の中で超音波検査にて坐骨部の皮膚・軟部組織を調査した報告があるものの<sup>2)</sup>、褥瘡予防の観点から競技用クッションにおける適合性に関する報告は見受けられない。

障害者基本計画<sup>3)</sup>において「2. 保健・医療」では1-(6)-1「良質で安価な福祉用具の供給による利用者の利便性の向上を図るため、研究開発の推進等を進める。また、研究開発や障害者等のニーズを踏まえ、ユニバーサルデザイン化を促進し、誰もが使いやすいものづくりを推進する。」とあり、

更に2-(1)-5では「障害者の健康の保持・増進を図るため、福祉サービスと連携した保健サービスの提供体制の充実を図る。また、障害に起因して合併しやすい疾患、外傷、感染症等の予防と、これらを合併した際の障害及び合併症に対して適切な医療の確保を図る。」とある。この両点は競技を行う上で下肢感覚障害者における二次障害である褥瘡への対策は必須であり、その一つとして競技を行う際に褥瘡が起こる危険性を可能な限り低減し、安心して競技を行える状況を提供し、障害者スポーツの振興を進める一助となることを目指す。

本研究では褥瘡ハイリスク者で、既製クッションが不適合な車椅子バスケットボール競技者において褥瘡を予防しながら競技力の維持・向上を目的とする。座位における健常者での身体形状計測はこれまでも試みられ<sup>4)</sup>、褥瘡予防クッション検討のために3Dモデリングなどが試みられている<sup>5)</sup>が、いまだ手法が確立されているとは言えない。さらに下肢機能障害者のなかでも褥瘡ハイリスク者では軟部組織の萎縮により骨突出が著明ゆえ既製クッションの不適合者の身体形状の評価を基にしたクッションの検討は見受けられない。そこで本研究では下肢機能障害者のなかでも褥瘡ハイリスク者を中心に座位身体形状計測を行い、そこから抽出した特徴を踏まえた試作を行い、既製クッション不適合者に対するクッション形状と材質の最適解の導出を目標とする。

今年度は、既製クッションの圧力分散特性の評価、および下肢機能障害者の座位身体形状を評価する手法の確立を目指す。

における圧力集中（圧力分散）の圧力値、および圧力分布の様子からクッションと生体との適合性の検証を行う。

## B. 研究方法

下肢機能障害者として脊髄損傷者を対象として、競技に使用しているクッションの適合性評価と（実験Ⅰ）と座位身体形状のうち、殿部・大腿部の形状計測により褥瘡発症ハイリスク者の特徴の定量評価（実験Ⅱ）から構成する。

### B-1. 被験者

被験者のプロフィールを表 1 に示す。被験者は競技を日常的に行っている脊髄損傷者のうち、過去に褥瘡既往歴を持つ褥瘡発症ハイリスクの完全麻痺者と比較対象として残存機能の違いにより骨盤大腿部形状に差異があると予想される不全麻痺者各 1 名を比較した。

#### [実験Ⅰ]: 競技用クッション上座位における接触圧力評価

現在使用している競技用車椅子上において競技中における生体とクッション間の接触圧力を体圧分布測定装置（FSA、VERG 社製）にて計測する。坐骨部など骨突起部

### B-I-1 試行課題

クッションの圧力分散特性の評価にあたり、競技中の特徴的な動作を抽出し、試行課題として計測室内の競技車椅子上で模擬動作を実施した。試行課題は以下に挙げる 5 種類とした。比較対象として常用車椅子での圧力値についても計測を行った。

- ① 前方駆動（体幹前傾／後傾）
- ② ワンハンドシュート（上肢挙上）
- ③ 左右サイドボール拾い（体幹側屈）
- ④ 左右旋回（体幹回旋）
- ⑤ 静止座位

なお、①前方駆動に関してハンドリムは把持せずに、その他は実際と同じく行った。また、計測時には被験者は実際の競技中と同じ競技用の服装を着用した。常用車椅子では被験者両者とも ROHO（ROHO® HIGH PROFILE®, ROHO Inc 製）であり、競技用は Jay® Soft Combi（Sunrise Medical 製）を使用している。

#### [実験Ⅱ]: 座位殿部・大腿部形状計測

下肢麻痺性疾患患者において褥瘡発症に

表 1 被験者プロフィール

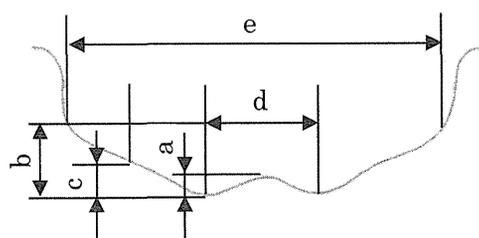
被験者	年齢	機能レベル	受傷後経過年	競技歴年	クラス	練習頻度回/週	褥瘡発症歴
完全麻痺者	29	Th11	6	5	2.0	4	1 回
不全麻痺者	34	L1	2	1	2.5	3	なし

関わる殿部・大腿部の軟部組織の萎縮に伴う坐骨突出について定量的評価を試みることで被験者の座位骨盤大腿部における外形の特徴抽出を試みる。

まず、座位保持装置製作用採型器（KISS シミュレータ、Pindot 社製）を用い、被験者の競技用車椅子上を再現した座位姿勢における殿部・大腿部の外形形状を採型した。なお、左右上前腸骨棘触知による骨盤の水平と被験者の主観により適切な姿勢であるかを確認した。被験者が採型器から降りた後に採取した形状を非接触 3D スキャナ

（Artec Eva、data design 社製）で記録し、ポリゴン化処理を行った後に STL 形式で出力した。これを STL ビューワ・チェックソフト（netfabb Studio Basic、Netfabb 社製）上にて坐骨最凸部での矢状面と前額面における断面を生成した。ここで、今回計測する座位生体形状について軟部組織萎縮と坐骨突出を評価するような指標は確立していない。そこで、前額面断面図において特徴点に関する距離を算出した（図 1）。正中部における最高点と左右坐骨部底面の最低点間の高低差（正中一坐骨距離）、大転子部の特徴点として曲線の傾きが変化する箇所について左右同高での点を大転子下部点と定め、この点と坐骨部底面間の高低差（大転子下部一坐骨距離）、殿部の萎縮を表象する指標として、左右それぞれの大転子下部点一坐骨底面点の中間点を殿部中間点と定め、

殿部中間点と坐骨底面点の高低差（殿部中



- a : 正中一坐骨距離
- b : 大転子下部一坐骨距離
- c : 殿部中間点一坐骨距離
- d : 坐骨間距離
- e : 大転子下部間距離

※a～cに関しては左右算出

図 1 特異点間距離計測箇所

間点一坐骨間距離）を設定した。

計測は 3 回実施した。この際に前回の形状が影響しないよう、1 回の計測後には形状を完全に平ら戻してから次の計測を実施した。

#### （倫理面への配慮）

本研究の被験者には予め実験内容とそれに伴う危険性等を十分説明し、文書で同意を得た。また、本研究は国立障害者リハビリテーションセンター倫理審査委員会において承認され（申請番号 25-102）、ヘルシンキ宣言に則って実施した。

### C. 研究結果と考察

#### [実験 I] クッション上座位における接触圧力評価の実験結果と考察

完全麻痺者の計測結果を図 2～8 に示す。

なお、サイドボール拾いと旋回ではいずれも左右で対称的な同傾向の結果となったため右側の結果のみ示す。常用車椅子では両坐骨が周辺よりも 70~100[mmHg]とやや圧力集中が見られるが、接触面積が広く、圧力分散していることが伺える。しかし、競技用車椅子上での静止座位においては、坐骨部と左大転子部で 160~180[mmHg]、右大転子部で 180~200[mmHg]以上の圧力集中が見られた。

前方駆動における体幹直立位から前傾位間では体幹前傾運動に伴い骨盤も前傾するため、圧力は左右の大転子部での集中が見られた。駆動動作後半である体幹前傾から元の直立位状態に戻る動作では、坐骨部と大転子部についても圧力集中した。ワンハンドシュートでは上肢を体幹に引き寄せて上方に拳上することから、骨盤上の重量に上肢分が加わり、左右坐骨部共 200[mmHg]以上と坐骨部の圧力集中が高まった。右サイドボール拾いでは右大転子部周辺のみ広範囲で圧力集中が見られた。右旋回では重心は中心からやや右にシフトした状態で上肢を左右側で屈曲伸展の反対方向に動かすことから、静止座位よりも右坐骨部と右大転子部での圧力が集中したが、左側についても坐骨部と大転子部に関して圧力集中が見られた。

一方、不全麻痺者の計測結果を図 9~15 に示す。なお、左前方に見られる 200 [mmHg]以上の圧力集中は計測上のミスで

ある。常用車椅子では接触面積が広く、適切に圧力分散していることが伺える。しかし、競技用車椅子上での静止座位においては、左右坐骨部 200 [mmHg]以上の圧力集中が見られた。

前方駆動での体幹前傾時には大転子を含めて全体に圧力分散されたが、前傾から直立位に戻すと 180~200 [mmHg]の圧力値で坐骨部での圧力集中が見られた。ワンハンドシュートでは静止座位と前方駆動後半と同じ傾向を示した。右サイドボール拾いで右旋回では右坐骨部への圧力集中が見られたが、特に右サイドボール拾いでは広範囲で圧力集中が見られた。しかし、完全麻痺者でみられた大転子部には圧力集中しなかった。

## [実験Ⅱ] 殿部・大腿部形状計測に関する実験結果と考察

両被験者での前額面/矢状面断面図の計測結果を図 16 ~ 19 に示す。坐骨底部周辺を位置合わせの基準として、3回の計測結果を重ねて示した。

採型器による計測間で採型手技の同一性である形状一致の程度としては、両被験者とも、概ね一致していることから採型手技の信頼性は高いといえる。さらに完全麻痺者に比べ、不全麻痺者の方が形状の一致性が高い。完全麻痺者では坐骨部周辺では一致性が高いが、1つの計測において右殿部にて生体側に圧迫が強まる側に形状の差異

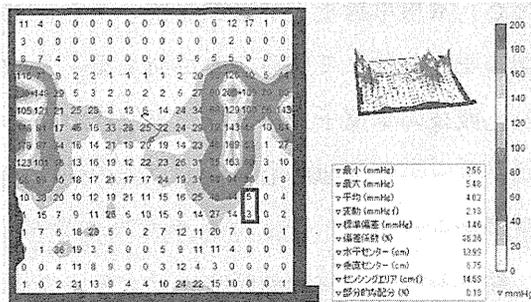


図2 座位接触圧分布(完全麻痺者・駆動前)

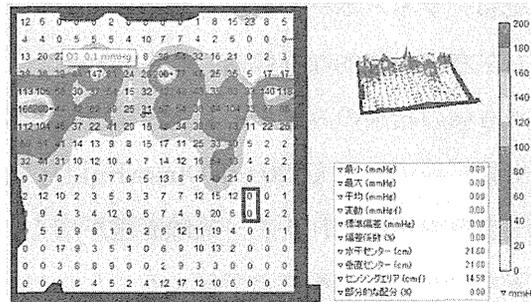


図3 座位接触圧分布(完全麻痺者・駆動後)

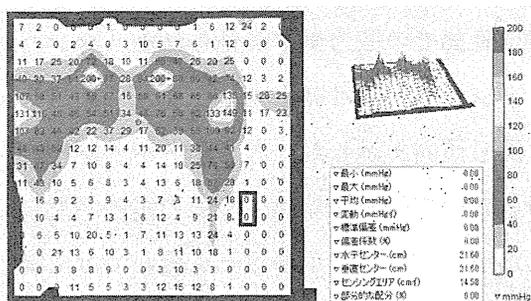


図4 座位接触圧分布(完全麻痺者・シュート)

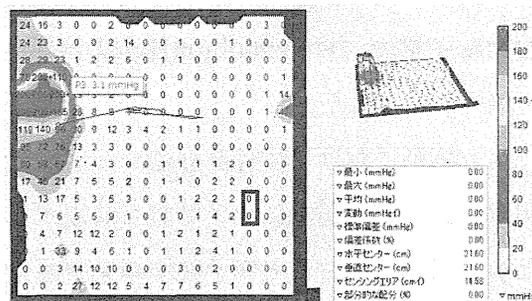


図5 座位接触圧分布(完全麻痺者・右ボール拾い)

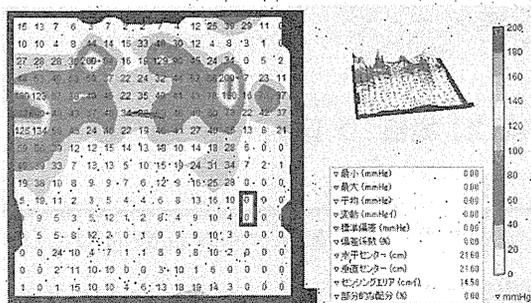


図6 座位接触圧分布(完全麻痺者・右旋回)

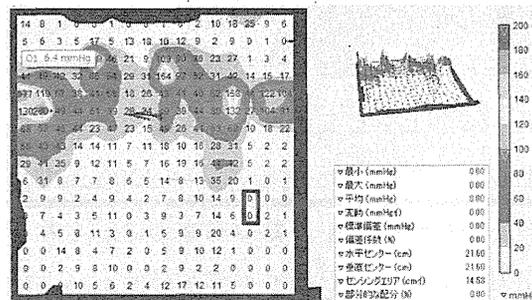


図7 座位接触圧分布(完全麻痺者・静止座位)

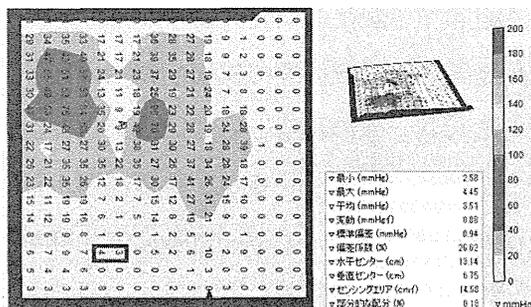


図8 座位接触圧分布(完全麻痺者・常用車椅子)

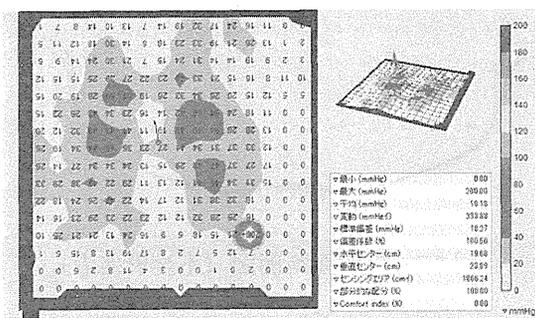


図9 座位接触圧分布(不全麻痺者・駆動前)

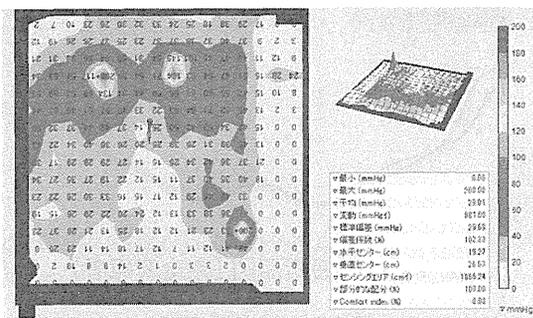


図10 座位接触圧分布(不全麻痺者・駆動後)

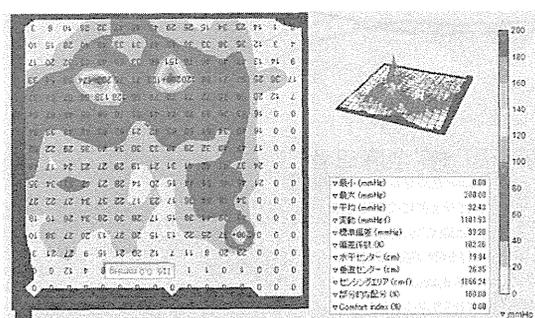


図11 座位接触圧分布(完全麻痺者・シュート)

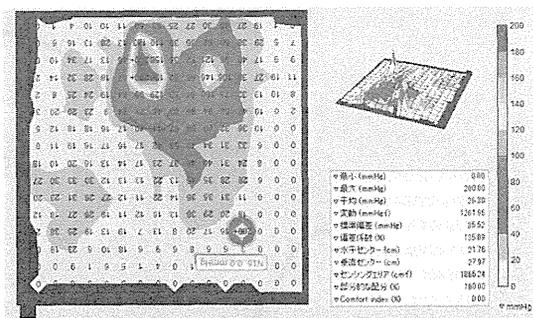


図12 座位接触圧分布(不全麻痺者・右ボール  
投げ)

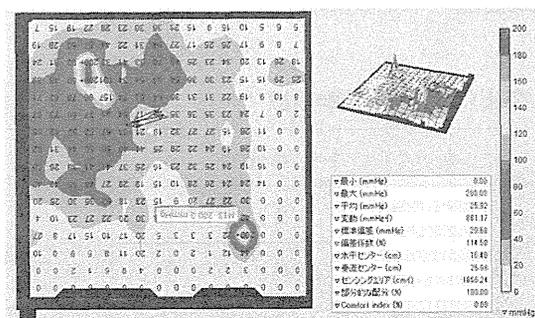


図13 座位接触圧分布(不全麻痺者・右旋回)

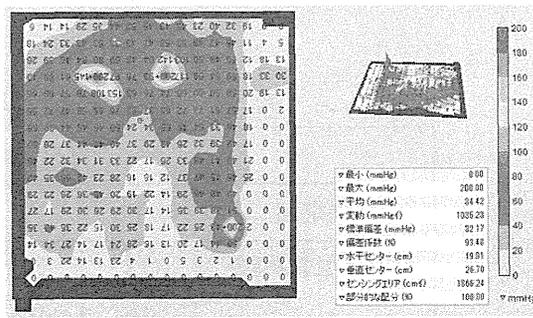


図14 座位接触圧分布(不全麻痺者・静止座位)

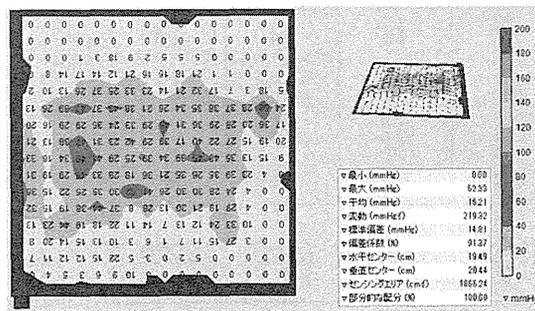


図15 座位接触圧分布(不全麻痺者・常用車  
椅子)



図 16 前額面断面図 (完全麻痺者)



図 17 前額面断面図 (不全麻痺者)



図 18 矢状面断面図 (完全麻痺者)



図 19 矢状面断面図 (不全麻痺者)

表 2 軟部組織萎縮と坐骨突出に関する距離指標

測定回	完全麻痺者			不全麻痺者		
	1	2	3	1	2	3
正中—坐骨距離	12	12	15	6	6	7
	16	13	14	4	3	2
大転子下部 — 坐骨距離	63	70	63	56	68	65
	70	71	63	53	61	60
殿部中間点 — 坐骨距離	34	28	27	16	14	19
	26	27	27	15	16	17
坐骨間距離	50	47	53	57	54	57
	51	51	50	50	41	33
大転子下部間 距離	(332)	(332)	(332)	(340)	(345)	(342)

上段：右側、下段：左側

[mm]

が見られた。両被験者とも矢状面前方端や前額面の左右上端部においては、計測間でのばらつきが大きい傾向を示し、この傾向は完全麻痺者の方が強かった。矢状面断面図においては、不全麻痺者では全体が緩やかな曲線の組み合わせとなっているのに対し、完全麻痺者では、坐骨部の突出が著明であり、坐骨部前方が膝窩までの大腿部が直線的な形状となっていることから、軟部組織萎縮とより、大腿骨に由来する形状となったことを示すものだと考えられる。

距離指標の結果を表2に示す。殿部・大腿部の軟部組織萎縮に伴う坐骨突出を表す指標としては正中-坐骨距離では完全麻痺者が12~16 [mm]であるのに対し、不全麻痺者では2~7 [mm]であり、殿部中間点-坐骨距離では完全麻痺者が26~34 [mm]であるのに対し、不全麻痺者では14~19 [mm]と二つの指標において両者間で明確な差異が確認された。また、計測の信頼性という観点では坐骨間距離は100~120 [mm]とも言われているが、今回は90~107 [mm]であった。実験Iの結果から坐骨部の圧力集中箇所間の距離は両者とも約100 [mm]であったことなどと合致する。さらに、大転子下部間距離の誤差もわずかであり、完全に一致したとは言えないが、概ね全計測で正確な計測を実施できたと思われる。

#### D. 総合考察

競技に用いるクッションの圧力分散評価

からは完全麻痺者、不全麻痺者とも各動作下における動的状態のみならず、静止座位において坐骨部、完全麻痺者では加えて大転子部にも圧力集中が見られ、不適合であり、褥瘡発症の危険性が高いことを明らかにした。加えて競技中に行う主な動作である前方への駆動においては、骨盤が前後傾することから坐骨部の皮膚、皮膚下組織には単純な圧力のみならず摩擦や剪断力が働くことから褥瘡発症の危険性が更に高い状況にあると考えられる。軟部組織萎縮が少ない不全麻痺者においても不適合であったことは常用クッションと同じく医学的に適切な機器の選定、および定期的な確認を必要とすることを示唆している。また、競技中においては定期的な骨盤殿部の除減圧を行うことが必須であると考えられる。これら一連に関して競技者自身、および指導者、保護者、家族に対しても十分な教育を併せて行う必要がある。

座位身体形状計測においては完全麻痺者の坐骨突出量の指標となる正中-坐骨距離では完全麻痺者が12~16 [mm]であったが、一方、クッションの厚みの最大-最小値は34 [mm]と正中-坐骨距離を上回る。しかし、最大厚部はクッションの両端であることから、坐骨部を減除圧するには不適切な断面形状である。褥瘡発症ハイリスク者に対しては、単一材料であれば、坐骨部とその周辺に関してもっと適切に体重を支持し、圧力分散を図る明確な機能を区分した

形状である必要がある。圧力分散を図るにはクッションの厚みを増やすことが支持面積を増やすことができるが、厚みが増すことによって座位位置が高くなり、競技動作が行いにくくなると訴える競技者も多い。このことから、厚みと材料の特性を踏まえて仕様を検討する必要があると考えられる。

来年度は今年度試みた定量化手法について更に被験者を増やして、下肢感覚障害者の座位身体形状の特徴を蓄積すると共に、その特徴を考慮して適合するクッションの形状、及び圧力集中部位の粘弾性特性から褥瘡予防効果が高く、競技パフォーマンスを維持、向上させるようなクッションの仕様を特定し、最適解の導出を目指す。

## E. 結論

車椅子バケットボールのクッションの適合に関して、接触圧力と座位身体形状に関して脊髄損傷完全麻痺者と不全麻痺者で比較検討を行った。静止座位時や模擬的動作において既製クッションでは坐骨部や大転子部への圧力集中から適合性は低いことを確認した。また、今回試みた軟部組織の萎縮と坐骨突出程度の定量化することができ、次年度の既製クッション不適合者に対するクッション形状と材質の最適解の導出に向けて、有用な評価指標を得た。

## F. 参考文献

- 1)内閣府；平成9年度版障害者白書，1997.
- 2)六崎裕高他；車椅子バスケットボール選

出の二次的障害の調査，リハビリテーションスポーツ，Vol.31, No.2, pp.70-73, 2012.

- 3)内閣府；障害者基本計画（第3次），pp.1-41, 2013年9月
- 4)藤巻吾朗他；座位姿勢における人体形状測定システムの開発，岐阜県生活技術研究所研究報告，No.14, pp.24-28, 2012.
- 5)田村勇太他；3D 殿部モデルの有限要素解析に基づく褥瘡予防具に関する検討，生体医工学，No.44, Vol.4, pp.598-605, 2006.

## G. 研究発表

1. 論文発表  
なし
2. 学会発表  
なし

## H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

