

**介護ロボットのニーズ・シーズ連携協調協議会全国設置・運営業務
協議会報告書**

1. 協議会概要

(1) 協議会情報

協議会名	福岡県協議会
推進枠・一般枠	推進枠
協議会の特性(得意分野や検討フィールド等の特徴)	<p>■当協議会は福祉用具に対する見識がある作業療法士や介護職とともに働いている施設の作業療法士など、およびセンサーに見識のある工学専門の大学教員などで構成している</p> <p>■医療・介護療養病床におけるフィールドを活用し、課題解決の検討を行っている</p>
協議会の目標	<p>☑ 介護ロボット等に関して開発すべき具体的機能や機器・システムを提案する</p> <p>☑ 高齢者介護の現場での限られたマンパワーを有効に活用する方策を提案する</p> <p>☑ 質の高い介護を実現する方策を提案することを目指す</p>

(2) 協議会構成員

役割	氏名	所属(役職)	職種
委員長	河口 青児	福岡医健・スポーツ専門学校	作業療法士
ニーズ委員	四元 孝道	九州栄養福祉大学	作業療法士
	岡田 佳知	岡部病院	作業療法士
	平岡 敏幸	飯塚記念病院	作業療法士
	野邊 薫	古賀市社会福祉協議会	作業療法士
	松尾 賢治	岡部病院 (介護部 副部長)	介護福祉士
シーズ委員	佐藤 寧	九州工業大学	博士(工学)
	村松 聡	東海大学	博士(工学)
	竹中 祐二	福岡県作業療法協会	作業療法士
	内山 知史	日本福祉用具供給協会	福祉用具専門相談員
その他の委員 (自治体など)	田代 一樹	福岡県庁	地方公務員
	駒澤 聡亮	福岡県庁	地方公務員
	坂田 栄二	NPO福祉用具ネット	福祉用具専門相談員
	須藤 俊(オブザーバー)	日刊工業新聞	
	甲斐 義憲(オブザーバー)	日刊工業新聞	

(3) 担当プロジェクトコーディネーター

ニーズ	宮永 敬市	北九州市保健福祉局総務部	作業療法士
シーズ	中後 大輔	関西学院大学	大学教員

2. 協議会活動実績					
日にち	項目	詳細			
6月20日	第1回協議会	1)出席者	ニーズ PC	5名 2名	シーズ その他 2名 0名
		2)概要	事業概要説明および今年度の方向性の検討(推進枠も検討)、新たなニーズの検討(昨年度報告になかった入浴支援など)		
		3)PCコメント	昨年度内容の深掘りをするのであれば、ニーズの明確化における数的必要性の証明などが必要ではないか		
7月11日	第2回協議会	1)出席者	ニーズ PC	6名 2名	シーズ その他 2名 0名
		2)概要	今年度の方向性決定(推進枠狙い)、解決すべき課題抽出の深掘り調査内容およびシーズ側の対応者など検討		
		3)PCコメント	さまざまな施設で調査を実施することにより、ニーズを明確化し、より鮮明にする。シーズについても具体的行動計画を立てて動くべきである		
8月8日	第3回協議会	1)出席者	ニーズ PC	5名 2名	シーズ その他 1名 0名
		2)概要	推進枠企画書におけるニーズ側の調査について具体的内容の検討とシーズ側のシミュレーション内容の検討、協力大学とのスケジュール調整		
		3)PCコメント	ニーズ側とシーズ側が並行して動くため適時報告を実施する。必要に応じてPCもワーキングなどへ参加の意向を確認する		
9月17日	第4回協議会	1)出席者	ニーズ PC	6名 2名	シーズ その他 2名 1名
		2)概要	第2回推進委員会報告、倫理的配慮確認報告、(ニーズ)アンケートおよびヒアリング調査の現状報告、(シーズ)シミュレーション協力大学との調査内容の報告		
		3)PCコメント	推進委員会で助言されたロードマップを作成すべき。シミュレーションについて、協力大学と具体的な内容のさらなる打ち合わせが必要である		
11月12日	第5回協議会	1)出席者	ニーズ PC	4名 2名	シーズ その他 3名 1名
		2)概要	第3回推進委員会報告、(ニーズ)アンケートおよびヒアリング調査の中間報告、(シーズ)シミュレーション実施のためセンサ作製、および、プロトコル作成のためのニーズ側との意見交換、ロードマップ作成の検討		
		3)PCコメント	アンケートから介護業務上の課題などを整理し、ニーズ側からのポイントを絞り強調すべきものを具体的にシーズ側へ伝えてほしい。体位による影響も検討が必要である。シミュレーションは便感知にターゲットを絞り実証実験する。そのため予備実験など実施し、プロトコル作成する必要がある		

12月6日	第6回協議会	1)出席者	ニーズ	5名	シーズ	3名
			PC	0名	その他	0名
		2)概要	(ニーズ)アンケートおよびヒアリング調査の整理方法の検討、(シーズ)シミュレーション結果および整理方法の検討、ロードマップ作成検討			
1月21日	第7回協議会	1)出席者	ニーズ	4名	シーズ	2名
			PC	2名	その他	0名
		2)概要	①協議会報告書(特にアイデアの評価)、②ロードマップ(案)、③発表用PPT内容の確認および修正など必要な箇所の検討			
		3)PCコメント	アイデアの評価(案)について、もう少し現実的な内容で再考すべき。また、データ解析についても整理すべき			
2月18日	第8回協議会	1)出席者	ニーズ	4名	シーズ	2名
			PC	2名	その他	0名
		2)概要	成果報告会を受け、①協議会報告書、②ロードマップ、③PPTの最終のとりまとめ、次年度についての意見交換			
		3)PCコメント	<p>【ニーズ】 今回で最後の協議会となるが、ニーズとシーズの連携が動き始めたように感じている。しかしながら、ようやく入口にきた段階であるので、今後、提案の介護ロボットが製品化されるまでのプロセスを踏むことができると本来のニーズ・シーズのそれぞれの役割が体感できるのではないと思う。作業療法士としてそのプロセスをしっかりと吸収し、作業療法士の知見を活かした介護ロボット協議会が発展できればと願っている</p> <p>【シーズ】 ニーズ・シーズ側の先生方が、お互いを理解し合い、シナジー効果を出したよい例だったと思う。しかし、製品化に向けて、現場での使い勝手向上策や、技術的にもセンサの不安定さの克服など、課題が多くある。せひ、今後具体的な開発においても、お互いの理解を第一に、真に必要な装置の実現に力を尽くせればと考える</p>			

3. ニーズの明確化: ニーズ調査・分析

(1) ニーズ調査の概要(調査方法、整理・分析の手法など)

課題整理・分析の流れ	2018年度、A病院で夜間帯における1週間のオムツ確認のみ(オムツ未交換)/全作業回数率は73.4%で、確認作業のために患者が覚醒を余儀なくされている調査結果であった。そのため、2019年度は多施設で夜間帯の排泄ケア現状把握するためのアンケート調査と詳細にオムツ交換作業分析をするためのヒアリング調査を実施し、課題内容の更なる根拠の積上とその明確化とした
------------	---

(2) 調査の実施概要

調査項目	アンケート	備考:
実施日(期間)	9月5～27日	
実施場所	福岡県内作業療法士在籍施設	
調査目的	排泄ケアの現状把握(夜間帯)	
対象者	対象施設数 409(病院 309、老健 82、特養 18)	
対象人数	作業療法士責任者 409	
調査項目	①病床数(病棟形態)、②障害高齢者の日常生活自立度(寝たきり度)のランクB2C1C2患者数・介護度・認知症高齢者の日常生活自立度、③褥瘡のある患者数、有病率、④病棟に従事する職員の配置数、⑤夜間帯の訪問回数、⑥夜間での排泄ケアのタイミング(オムツ交換確認時間)、⑦病棟勤務数:昼間・夜間スタッフ対応者数(一人あたり訪問回数カウント)、⑧オムツ交換実施数、確認のみ数、⑨就寝している際にオムツ交換実施した際に覚醒される数、⑩夜間のオムツ交換の負担感など	
調査方法	施設への郵送による	
調査結果	<p>有効回答数 25/409 内訳(病院 12 老健 9 特養 4)</p> <div> <div>施設内訳</div> </div> <div> <div>オムツへの排泄を確認しさらに交換それらによる患者の覚醒回数</div> </div> <div> <div>夜間帯の排泄ケアタイミング</div> </div> <div> <div>負担感</div> </div> <div> <div>負担感の内容</div> </div> <div> <div>センサ使用の希望</div> </div> <div> <div>夜間帯としてしている時間</div> </div>	

調査項目	ヒアリング	備考:
------	-------	-----

実施日(期間)	9月1日～10月2日
実施場所	障害老人自立度B2C1C2の方が入院あるいは入所されている施設
調査目的	夜間帯のオムツ交換の詳細な作業分析を調査し実態把握
対象者	4施設(委員の勤務先あるいは紹介などにより選定)
対象人数	看護責任者もしくは介護責任者(6名)
調査項目	①自立支援に向けた取り組み、②排泄対応時に困っていること、③オムツ交換の手順、④排泄ケアの用品(センサ類を使用しているかの有無)、⑤センサ類の導入に至らない理由、⑥オムツ内の便排泄ポイント(被介護者とりうる姿勢など)、⑦便の状態・形状の種類、⑧排泄通知ロボットができた場合のオムツ利用者およびスタッフの意見、⑨排泄についての工夫など
調査方法	施設に赴き直接聴取
調査結果	薬剤使用もしくは経管栄養の方の多くに共通するブリストルスケールは5～7だが、定期交換のため1回量か、複数回量かの確認は困難であった。また、オムツ使用時の排便ポイントとしては肛門周辺であり、姿勢により便が前後へ変化する傾向にあった。介助は手順が多くかかり、昼間よりの照明や静音性など配慮が必要なが増えている。また、関連機器についての知識・理解が乏しいが利用したい希望は多いため潜在的なニーズは少なからずみられた

(3) 調査結果のまとめ

夜間のオムツ交換に関して、多くの施設では必要性ではなく定期的な交換となっており、対象者を覚醒させる要因となっていることが明らかとなった。また、介護者側は夜間にはマンパワー不足という状況下で昼間より手順が増えるうえに迅速さや静音性も求められることも明らかとなった。そのため、対象者の生活リズムの確立と介護者の負担減のためには、すべての対象者に確認を含めたオムツ交換作業を行うのではなく、必要性に応じてオムツ交換を実施することで対象者および介護者側ともに負担軽減する可能性があることが示唆された。センサについては、介護者は利用したい希望はあるが、その理解や知識が乏しいことのために利用できていないこともわかった。対策としては、センサの開発とそれらの広報活動のリーフレットなどの作成および啓発も必要と思われた。センサについては、配置位置は肛門周囲、検知する便の硬さはブリストルスケールで5～7、最小量は50gで判断が可能であり、夜間でどのような状況でもオムツ交換が必要であるかないかの選択ができるものが望まれる

4. ニーズの明確化:課題分析

(1)課題の抽出

昨年度実施概要

①アンケート調査(10項目)病院勤務のスタッフ 計101人

医療・介護療養病床における介護ロボットについての開発・普及を目的に介護現場でのニーズ把握

【主な 調査項目内容】

介護ロボットへの興味関心、興味ある介護ロボットの種類、ロボット導入を進めたい介護場面・介護ロボット導入する際の気になる点など

②KJ法(3グループ)(介護福祉士12名 理学療法士3名)を3グループに区分

アンケート結果より抽出した解決したいニーズの明確化に関する3項目(排泄・入浴・認知症への対応)

③ワーキング会議:協議会委員(6名)および調査協力施設の介護副部長含む計7名

KJ法の結果をもとに、解決したい課題の整理(調査協力施設の介護副部長)

④病院入院58人の被介護者を3名の職員で174回の確認作業を行っている

(7日間延べで1,200回強)夜間帯で1週間計測の結果平均排便率26.4%(15.3/58名)

今年度実施概要(複数施設での実態確認し課題をさらに明確にするため④

と⑤実施)

⑤福岡県内における作業療法士の在

住409施設にアンケート調査

⑥4施設に訪問とヒアリングの詳細調

査

【解決すべき課題】

要介護者の夜間

覚醒の要因となるオムツ交換の必要性判断(排便の有無)の確認作業や、不必要な介助を減少させることと、それに伴う作業時間を含むオムツ交換全体の作業時間軽減

(2)解決すべき課題

分野と項目		③排泄支援(排泄物処理)
具体的な課題		要介護者の夜間帯における排便への速やかな対応による衛生面の向上を図るとともに、夜間帯のオムツ交換の必要性判断のための頻回な確認作業による夜間帯の覚醒および昼夜の日常生活リズムの崩れの防止・改善を図る
誰にとっての課題か		①病院・介護施設の職員、②病院・介護施設の利用者本人
課題が生じる場面 (現状)	いつ	夜間帯
	どこで	病院や施設
	誰が	①病院・介護施設の職員、②病院・介護施設の利用者本人
	どのように	①オムツ交換の必要性判断のために対象者全員を覚醒させ確認が必要、②ナースコールなどが押せない、あるいはスタッフ入室回数が減りオムツ交換の意思伝達ができないとき
この課題を選択した理由		昨年度課題抽出した際に、要介護者・介護者両者に必要な課題と考え、かつ今年度、量的および質的調査結果から、さらにその課題解決の必要性があった

(3)課題が解決した時のあるべき姿

誰にとっての解決になるか	①病院・介護施設職員の介護負担軽減、②病院・介護施設利用者本人の衛生面の向上と生活リズム確
--------------	---

解決できた場面の想定	<ul style="list-style-type: none"> ・衛生面の向上（皮膚トラブルの軽減、褥瘡発生の進行予防・改善） ・健康状態の把握や排便コントロールが可能 ・オムツ確認作業の軽減により覚醒回数の軽減による昼夜の覚醒リズムの向上 ・昼間帯での意味ある作業時間の増加など
------------	---

(4)到達目標

対象者		①病院・介護施設の職員、②病院・介護施設の利用者本人
場面	いつ	夜間帯
	どこで	病院や介護施設等
	何を	排泄（排便）時に速やかにオムツ交換が可能
方法（どのように）		オムツ内の感知センサにて排便を感知、それを電気信号でスタッフルームや職員が携帯している携帯電話などへ速やかに知らせ、利用者のオムツ交換を実施することができる（ロボットが担える点は、要介護者の排便感知および職員などへ伝達）

(5)ロボット導入効果の評価方法（量的・質的）

【量的】

患者の覚醒時間、褥瘡・アレルギーの程度や発症率、姿勢、筋緊張、オムツ交換のための定時巡回数、オムツ開閉の確認作業の手順や作業時間、経済的影響（負担感・効果）

【質的】

利用者のストレスチェック、睡眠の質、介護者の負担感（日本語版Zarit介護負担尺度）

5. 課題解決のための検討: 課題解決のための機器(新規ロボット等)のアイデア

(1) アイデアの概要(機器のイメージ)

機器の名称	排便感知センサ	
技術要素	① センサー系	排便検知をするため、センサ部の布に付着する便の誘電変動と湿度による電気抵抗を同時に計測でき厚さ1mm以内の薄い布状のセンサ
	② 知能系	微小な誘電変動や電気抵抗を同時に計測するために雑音処理が必要でありWHT(直交変換)を利用した信号処理技術を開発
	③ 駆動系	オムツに内蔵する無線送信型センサは、小型充電電池にて給電・駆動する。無線受信部およびデータ処理部は、外部給電(AC電源)により駆動する
	④ その他	通信装置については、当初考えていたRFID(Radio Frequency Identification: 無線を用いた自動認識技術の一種)ではリーダ側から強い電波を出す必要があり、医療機器に悪影響を及ぼすおそれがある。そのため、Wi-Fiと315MHz帯特定小電力無線を組み合わせた方法に変更した
想定される購入者	病院、介護老人福祉施設、特別養護老人ホーム、有料老人ホームなどの施設。寝たきりの方を介護している個人	
想定される利用者	寝たきりで排便の意思の伝達が難しいオムツ利用者で体移動の少ない方	
想定される価格	センサ1枚: 50~100円、送信機: 20,000円位、Wi-Fi中継器: 2,000円位	
利用場所	ベッド内、居室内と介護者のいる場所、Wi-Fiエリア	
具体的な利用場面	病院や老人施設などで、多数のオムツ利用者の排便の有無をチェックする場合における、確認のために要介護者を覚醒(特に夜間帯)させることを防ぎ、また介護者の作業量を減らす。便によるスキントラブルの危険性が高い方に、排便後の早い段階でオムツ交換ができ、皮膚の負担が減る	
アイデアのイメージ(図・絵等)	<p>【静電センサー】インナーにセットし、アウトターとともに装着する</p> <p>【送信機】特定小電力無線→中継器へ</p> <p>【Wi-Fi中継器】データ解析し端末へ送信</p> <p>送信</p> <p>便の状態</p>	
必要な機能・技術	布状のセンサを形成するために導電性の糸を利用し、微小な誘電変動を静電容量変化で計測する技術である。また、微小な信号変化を捉えるために独自の雑音処理技術を利用している。数値の加減算のみで実現するため、小型省電力な組込プロセッサで実現できる。排便検知アルゴリズムは時系列でセンサ値が閾値を超えたかを見る単純なもので、上記のプロセッサに容易に実装できる	
期待される導入効果	1) 直接効果	排泄の自動感知によりオムツの適時交換が可能となる
	2) 間接効果	皮膚トラブルの軽減、排泄リズムの検出、生活リズムの改善(夜間時の覚醒防止)、介護者の負担軽減など
機器を導入する上での今後の検討課題(確認すべき点)	姿勢変化がセンサ感度へ影響しないか、実際の尿と便で判定ができるか、センサの取り付けは難しいか、通知(通信)はスムーズに行われるか、アプリを利用できるか	
新規ロボット等導入による課題解決の評価方法(量的・質的)	<p>【量的】オムツ交換のための巡回確認およびオムツ開閉の確認作業がなくなることによる作業時間の短縮について、未使用時と使用時を比較する</p> <p>【質的】介護者の負担感、心理的ストレスの変化、利用者のストレスチェックや睡眠の質の変化について、未使用時と使用時を比較する</p>	

既存の機器との相違点と優位性	<ul style="list-style-type: none"> ・本センサはステンレス線維と不織布など劣化しにくい素材で構成されている ・柔らかく折れ曲がりに強く、通気性にも優れており、皮膚に対して非侵襲性である ・尿便を静電センサで直接検知するため即時性・正確性が高い ・尿だけの判定をするものはあるが、便の判定をする物は少ない ・臭気やエコーで判定する機器に比べるとシステムもシンプルである 	
利活用・普及の場面で想定される阻害要因並びにその解決策	<p>①センサをセットする手間→将来的には、一体型のパッドや送信機一体型センサなども考えられる。使い捨て送信機など。パッド上に基板実装プリントなどの技術が必要である</p> <p>②送信機の購入価格、センサの購入コスト。負担軽減のコスト計算を行い、購入価格以上のコスト減をアピール。利用者の負担や介護者の精神的負担などの価格に換算しにくいメリットのアピールが必要である</p> <p>③通知のたびにオムツ交換すると、通知に対して介護者の強迫観念でストレスになる（ナースコールと同様）。あくまで定期巡回時に排便確認のためのオムツ開閉作業を軽減するものであり、利用者の状態把握のための定期巡回を不要とするものではない。もしくは、皮膚トラブル予防のための早期オムツ交換のためなど、使用目的について共通理解が必要である</p>	
アイデアの評価	実現可能性	排泄検知センサとして、静電容量方式を採用した。また、耐雑音性の課題に対して独自の雑音処理LSIを開発して対処した。センサシステムは、低コスト、小型、低消費電力で、実現可能性は高いと考える
	技術	布状で静電容量方式にて排尿と排泄を区別して検知するためには、センサの耐雑音性能が重要となってくる。この雑音処理に、周波数変換方式を採用し、さらに国際特許を有する独自の低コスト化技術である直交処理方式によって、単純な加減算処理のみで雑音処理を実現し、LSIの回路構成の単純化にも成功した。これらの雑音処理の結果、単純な閾値処理で排便と排尿を区別しながら排便検知を実現した
	開発期間	オムツ内で排便位置をカバーできる形状と柔らかさを実現するため、排泄センサとなる布とセンシングする糸の部分の改良が必要である。また、排便検出アルゴリズムは便との接触状態によって計測値が振動するため、現状ではうまく検知できない場合がある。そのような場合、信号処理および検出アルゴリズムの調整を要する。これらのことから約1年ほどの開発期間が必要である
	市場性	夜間における利用者の快適性向上、介護者の負担軽減とかかるコスト以上の価値があると思われ、潜在的需要は高いと思われる。また、排便検知アルゴリズムは単純な閾値処理で済むため、センサシステム時系列データを扱う必要がなく、これは常時給電が不要で低コスト化できることを意味する

(4) シミュレーション実施体制

1. 排泄検知のためのセンサ選定と検出方法の検討

①オムツの中に排便(尿)が生じた状態を模擬するモデルの作製: ニーズ班のアンケート調査、聞き取り調査をもとに、業務経験がある作業療法士、介護福祉士をメンバーに加えることで典型的な排便(尿)をモデル化する

②センサの選定と③排泄検出方法の開発: センサ、通信技術をもつ大学の研究者などに協力依頼する。福岡県作業療法士協会のメンバーは、①で得られる評価モデルを提供するとともに、研究打ち合わせにコミットし現場のニーズを研究者に伝える(ニーズPCとシーズPCは、両者の橋渡しとして参画)

2. センサと通信装置の仕様の決定と設置場所の決定

現場の状況(被介護者の取り得る姿勢など)を福岡作業療法士協会のメンバーを中心に実施にまとめ、シーズ側の要求仕様をまとめる。具体的な技術開発は、ロボットセンサ技術をもつ大学の研究者などに協力依頼する。開発中も福岡県作業療法士協会のメンバーは、コミットして現場のニーズを研究者に伝える(ニーズPC・シーズPCは両者の橋渡しとして参画)

(5) 評価指標

1. 排泄検知のためのセンサ選定と検出方法の検討

排便模擬モデルを用いた排便検出確率(例: 便小、便大など量の違いでもセンサ検出が可能かなど)。排尿模擬モデルを用いた排便の誤検出確率(例: 尿小、尿大など、量の違いでセンサが反応しないかなど)。その他、模擬排尿と模擬排便を組み合わせたチェック(例: いくつかのパターン: 尿のみ、便のみ、尿→便など)など

2. センサと通信装置の仕様の決定と設置場所の決定

介護者が排泄情報を読み取ることができるか、また読み取りに必要な時間。携帯型端末を用いる場合は、介護者が端末をかざすために必要な時間も評価する

(6) シミュレーションの結果

1. センサーによる排泄検知

・疑似便は市販の味噌を水道水で希釈して、以下の含水率の異なる疑似便を作製した。疑似尿は、水道水を使用してシミュレーションを行った

・硬便(含水率60%)、下痢便(含水率80%)の2種類(日本食品標準成分表(文科省)より味噌の含水率は42~48%とされるため、今回使用した味噌の含水率を45%と仮定し作製した)

・予備実験(下表)では、疑似尿による電気抵抗の微小変化を捉えることができた。さらに、便による誘電変動も検知することが可能であることがわかった。排尿150~500mLの間で定常値に戻るまでの時間はそれぞれ20分以内であった

	尿量/便量	排尿と排便のタイミングと量	備考
1	150ml/0ml	排尿のみ(定常値に戻るまでの時間計測) ※はじめ 50ml 注入後、反応を見て残り100ml	定常値に戻るまでの時間は 15 分であった。
2	500ml/0ml	排尿のみ(定常値に戻るまでの時間計測)	定常値に戻るまでの時間は 20 分であった。

・疑似便を用いた本実験(下表)では、定常値に戻る前の時間内で以下の排泄パターンを設定し、パターンごとのセンサの反応を観測した。各パターンは0mからそれぞれ3回ずつ同条件で計測し記録した。その結果、提案したセンサはいずれの場合においても尿と便を閾値処理にて区別することができた。なお、普通便においてはセンサの位置によって便がセンサに接触せず、排便が検出できない場合もあったのでセンサの位置および長さを修正しつつ実施した。

。

2. 通信装置の仕様の決定と設置場所の決定について

今回使用したセンサは、離床センサシステムで使用されているものを改良したものである。そのため基本的には、同システムで使われている通信装置を流用できるものと考え、今回は通信装置部分に関するシミュレーションは実施しなかった

(7) 結論

シミュレーションの結果より、便の水分含有量に関わらず検出ができることが明確になった。また、尿と便が混在する場合においても、便のみを区別して検出することが明らかになった。なお、今回のシミュレーションでは尿の代わりに水を用いたが、水は尿より電気抵抗が大きいので、実環境でも動作する可能性が十分に高いと考えられる。通信装置に関しては、今後予想される臨床試験の過程で準備しブラッシュアップしていきたい

(8) シミュレーションを経てブラッシュアップされた点

シミュレーションを経て、布センサを構成する導電性系の性質上、銅箔のような形状が理想であることを想定していたが、逆に細い糸状で検知面積の小さいほうが検出性能を安定化できることが判明し、ブラッシュアップにつながった