千葉工業大学

博士学位論文

介護現場における技術導入と

排泄検知システムの開発と展望

平成31年2月

横沢（宇井）吉美

**要旨**

　昨今の日本社会を取り巻く問題に、人口減少と急速な高齢化問題がある。日本における高齢化率は世界で最も高い水準に達しており、今後も高水準を維持していくことが予想されている。このような少子高齢化による影響から、生産年齢人口率も低下している。また、高齢者率の上昇による要介護者の急増により、介護離職の増加も社会問題となっており、日本全体としての人員不足は深刻な問題となっている。同様に、介護業界に注目してみると、高水準で推移している離職率から、慢性的な人員不足が叫ばれており、その解決策として、無資格や介護未経験者の雇用、外国人労働者の受け入れが進んでいる。このような社会的問題に対応するためにも、マンパワーに頼らない生産効率が今後、より求められていくと考えられる。

本研究は、センサー技術を用いた排泄検知シートの開発における福祉介護用具開発の検証を行い、その現場運用の有効性を明らかにするものである。この研究成果は、より効率的な介護が求められる時代において、ロボット技術に代表される先進技術の浸透と、適用範囲の広い福祉介護用具の開発を行うことで、介護現場での導入に耐えうる製品開発に貢献できると考える。

序章では、適用範囲の広い福祉用具開発の必要性について、社会的背景、福祉介護用具の発展、福祉介護用具の開発手法という観点から探った。

まず、福祉介護用具が求められている理由を、社会的背景と介護業界における受け入れ態勢から明らかにした。介護保護法が施行されて以来、日本の介護保険サービスは急速に規模を拡大してきたが、今後、日本が迎える超高齢化社会における要介護高齢者のニーズが、多様化および複雑化することは明確である。人手不足が深刻な介護現場の負担軽減のため、外国人労働者の受け入れや介護ロボット技術の導入といった需要は高まっている。

次に、介護ロボット技術を用いた福祉介護用具が、介護業界に浸透していない問題を、福祉介護用具の発展と福祉介護用具の開発手法から探った。福祉介護用具は、戦争が起こるたびに車椅子や義肢装具などの研究、開発、普及が行われてきた。これは、戦争によって負傷した者の社会復帰を目的としたものである。近年になり、これらの福祉介護用具にAIといったロボット技術を導入する研究が行われている。

しかしながら、介護現場では医療現場に比べて、ロボット技術を導入した製品が、本格的な普及に至っていないのが現状である。これは、人の手によるぬくもりあるサービスをロボットでは提供できないとする考えや、導入には前向きなものの、現場で利用できるような有用な製品がないという意見などが、介護現場では多くあることに起因していると考えられる。

主なマイナスイメージの原因として、製品開発を行う研究機関およびメーカーと介護現場との双方の意識のズレがあると思料した。現場のニーズを吸い上げ切れずに開発された製品を、現場が使用することで、更なるロボット技術への悪い印象が生まれている。

そこで、双方の意識のズレを解消し、現場で活用できる製品を普及させる方法を、福祉介護用具の開発手法を交えて考察した。ここでは、ヒューマンファクター工学の医療用説明モデルである「P-mSHELLモデル」を用いた。「P-mSHELLモデル」とは、患者（Patlent）、管理（management）、ソフトウェア（Software）、ハードウェア（Hardware）、環境（Environment）、同僚（Liveware）、本人（Liveware）の要素を総合的に取り入れた手法となるため、製品を取り巻く環境を相対的に考慮した開発を行うことができる。

具体的な開発方法の手順を考察した結果、まず調査として、患者（要介護者）、本人（介護従事者）、同僚（施設経営者）、環境（介護現場）それぞれのファクターに対して行う。次に、調査から導き出された知見をもとに、ソフトウェアおよびハードウェアの開発を行い、臨床現場での検証実験調査から改良を進めるものとした。さらに、完成した製品と介護現場全体とを考慮した管理の提案を行うものである。

本研究では、２章から４章のステップで調査と開発、実証実験を行いながら進めていった。

２章では、ロボット技術の導入が求められている介護業務の検証のため、介護現場で従事する介護職を対象に、インターネットでアンケート調査を行った。この調査によって、多くの事業所で排泄業務に全体の約20％もの時間が費やされていると判明した。排泄業務に多くの時間が費やされている要因として、排泄のタイミングや回数には個人差があり、決められた定時での交換業務で対応しきれない点が挙げられる。同様に排泄業務に対する負担感を調査したアンケートにおいても、負担と感じている介護従事者の割合は全体の約７割にも上るという結果が明らかとなった。また、自ら介護現場に介護職として介護業務に従事することにより、アンケート調査だけでは把握しきれない細かな介護の現状を、身をもって理解した。次に、このアンケート結果から、排泄介護に関わる福祉介護用具に着目し、開発すべき福祉介護用具の指標を求めるための既存製品の調査を行った。その結果、非装着であること、便の検知が可能であること、コスト面を考慮したものであることの３点を指標とし、福祉介護用具の構想を考えた。

３章では、２章における調査結果および製品構想をもとに、ハードウェアとソフトウェアの設計、製作をし、製品の有用性について検証実験を行った。ハードウェアの開発としては、マットレス埋め込み型の開発、シリコンによるシート開発、防水シートによるシート開発、ウレタンシートの開発等という順で研究と検証を繰り返し、より介護現場における実用性の高いものを目指し開発を行った。同様に、ソフトウェアの開発もハードウェアの開発と同時並行で進めていった。排泄を検知するセンサーのアルゴリズム構築においては、若者での実験と高齢者での実験を行った。結果として、若者の排泄を検知するアルゴリズムは、高齢者に適用できないことが判明した。そこで、高齢者の排泄の特長に合わせたアルゴリズムの再構築を行った。以上の経緯を経て開発を行った製品の臨床実験を行ったところ、排泄を介護従事者に通知するシステムでは、本質的な介護の助けにはならないことが分かった。そこで、排泄データを蓄積し個人個人の排泄リズムを把握するためのWebアプリケーションの構想を考え、開発を行った。このシステムにより、排泄介護の空振りといった非効率な分野を、より精度の高い介護業務にすることができる。

４章では、製品の価値共有方法について考察を行い、動画の作成を行った。開発を行った製品の価値共有方法について、考察が必要だと感じた理由は、訴求する人の立場や、介護業務に対する理解度の有無によって、商品価値の見出し方が異なると感じたためである。そこで、ステークホルダーごとに有効な製品価値の説明ができる動画を複数作成した。介護従事者だけでなく、一般人にも動画についてのアンケート調査を行い、介護に関する知識の有無に関わらず、製品の価値を共有することが可能であるか検証を行ったところ、介護従事者含めた理解率は92.6％となり、一定の効果が認められた。

以上のことから、センサー技術やIoT技術の活用によって、介護業界におけるロボット技術の浸透に寄与し、ベッドに敷くだけで誰でも使えるという適用範囲の広い福祉介護用具の開発ができた。また、介護現場の負担を考慮した開発を通して、介護現場用機器開発に直接つながる研究を行ったことにより、この研究の意義を達成し、センサー技術を用いた排泄検知シートの開発を通して現場での運用に有効な福祉介護用具開発の検証を行う目的を達成した。

**Summary**

The problems surrounding Japanese society today are population reduction and rapid aging problems. The aging rate in Japan has reached the highest level in the world, and it is expected that it will maintain high standards in the future. Due to the effects of such a declining birthrate and aging population, the productive age population rate has also declined. Also, due to the rapid increase in elderly people due to the need for long-term carers, the increase in career breakdown is also a social problem, and the shortage of personnel as a whole in Japan is a serious problem. Similarly, paying attention to the nursing care industry, a chronic shortage of personnel is being screamed out from the high turnover turnover rate, and as a solution therefor, employment of unqualified or nursing inexperienced persons, foreign nationals the acceptance of workers is progressing. In order to cope with such social problems, production efficiency that does not rely on manpower is expected to be more required in the future.

This study verifies the development of welfare care equipment in development of excretion detection sheet using sensor technology and clarifies the effectiveness of the operation on site. This research result can withstand the introduction at the nursing care site by penetrating advanced technology typified by robot technology and developing wide range of welfare care devices in the era where more efficient care is required We believe we can contribute to product development.

In the introduction, we explored the necessity of development of wide range of welfare equipment from the viewpoint of social background, development of welfare care equipment, development method of welfare care equipment.

Firstly, the reason why welfare care equipment is required is clarified from the social background and the acceptance situation in the nursing care industry. Since the Long-Term Care Protection Law came into effect, Japanese long-term care insurance services have been rapidly expanding in scale, but it is not unlikely that the needs of elderly people who need long-term care in Japan in the aging society will diversify and become complicated It is clear. Demand is increasing for acceptance of foreign workers and introduction of nursing care robot technology in order to reduce the burden on nursing care sites where personnel shortage is serious.

Next, we investigated the problem that welfare care tools using nursing robot technology have not penetrated the nursing care industry from the development of welfare care tools and development methods of welfare care devices. For welfare care devices, research, development, and dissemination of wheelchairs and prosthetics and the like have been carried out every time a war occurs. This is aimed at reintegration of those injured in the war. In recent years, research to introduce robot technology such as AI to these welfare care devices has been conducted.

However, in the field of nursing care, products that introduce robot technology have not yet spread to full scale compared to medical sites at present. This is because there are many ideas that the robot can not provide warmth of services by human's hands and opinions that there is no useful product that can be used on the site although it is positive for the introduction, etc. It is thought that it is caused.

As a cause of the main negative image, I thought that there was a mismatch in consciousness between research institutes and manufacturers developing products and nursing care sites. By using the products developed without sucking up on-site needs, a bad impression on further robot technology is born.

Therefore, we examined the method of solving the gap between consciousness of both sides and disseminating the products that can be utilized at the site, together with the development method of welfare nursing care tools. Here, "P-mSHELL model" which is a medical explanation model of human factor engineering was used. The "P-mSHELL model" is a model that comprehensively describes elements of Patlent, management, software, hardware, environment, colleague (Liveware), and person (Liveware) Since it is a method adopted, it is possible to carry out development considering the environment surrounding the product relatively.

As a result of considering the procedure of the specific development method, first of all as a survey, we perform for each factor (patient who needs care (nursing care worker), principal (care worker), colleague (facility manager), environmental (nursing care worker) Next, based on the findings derived from the survey, software and hardware were developed, and improvements were made from the verification experiment investigation at the clinical site. In addition, we propose management that considers the finished product and the whole nursing care site.

In this research, we proceeded with the steps of chapters 2 to 4 while conducting survey, development and demonstration experiment.

In Section 2, we conducted a questionnaire survey on the Internet for nursing care workers engaged in nursing care sites in order to verify nursing care services for which robot technology is required to be introduced. This survey found that about 20% of the time was spent on excretion work at many business establishments. One of the reasons that much time is spent on excretion work is that there are individual differences in the timing and frequency of excretion, and it can be pointed out that it can not cope with the exchanging work at a fixed time. Likewise, in the questionnaire survey of the feeling of burden on excretion work, it became clear that the proportion of care workers who felt as a burden was about 70% of the total. Also, by engaging in nursing care work as a nursing care worker on her own nursing care work site, I understood with the body the current state of fine care that can not be grasped only by questionnaire survey alone. Next, from this questionnaire result, attention was paid to the welfare care tool related to excretory care and investigation was made on existing products for finding indicators of welfare care tools to be developed. As a result, we considered the idea of ​​welfare care equipment with three points of non-wearing, being able to detect feces, and taking into account the cost aspect as an indicator.

In Chapter 3, we designed and fabricated hardware and software based on the findings in the second chapter and the product concept, and conducted a verification experiment on the usefulness of the product. For the development of hardware, we repeatedly conduct research and verification in order of development of mattress embedded type, sheet development with silicone, sheet development with waterproof sheet, development of urethane sheet, etc., aiming to be more practical in nursing care field Was carried out. Likewise, software development was advanced simultaneously with hardware development. In constructing algorithms for detecting excretion, experiments with young people and experiments with elderly people were conducted. As a result, it turned out that the algorithm to detect youth excretion can not be applied to the elderly. Therefore, we reconstructed the algorithm to match the elimination characteristics of the elderly. As a result of conducting clinical experiments on products developed through the circumstances described above, it was found that intrinsic nursing care is not helped in a system that notifies elderly persons of excretion. Therefore, considering the idea of ​​web application for accumulating excretion data and grasping individual excretion rhythm, development was carried out. With this system, it is possible to make inefficient fields such as missed elimination nursing care more precise nursing care work.

In chapter 4, we examined how to share the value of the product and created a movie. The reason why we felt that we needed to consider the value sharing method of the product we developed was because we felt that the way of finding the product value differs depending on the position of the appealing person and the degree of comprehension of the nursing care work. Therefore, we created multiple movies that can explain effective product value for each stakeholder. We conducted a questionnaire survey on animation not only for care workers but also for the general public and verified whether it was possible to share the value of the product regardless of the knowledge of nursing care. As a result of understanding of care workers The rate was 92.6%, and a certain effect was recognized.

From the above, it was possible to develop a welfare nursing care tool with a wide range of application that contributes to the penetration of robot technology in the nursing care industry by utilizing sensor technology and Iot technology, and that anyone can use it by laying it in bed. In addition, by conducting research directly related to the development of nursing care equipment through development considering the burden on nursing care work sites, we achieved the significance of this research and carried out on-site operations through development of an excretion detection sheet using sensor technology to achieve the purpose of verifying the development of effective welfare care devices.

**目次**

**要旨 1**

**Summary 5**

**目次 11**

**第１章 序論 6**

**1.1 本研究の背景 7**

**1.1.1 日本の人口推移と高齢化率 7**

**1.1.2 生産年齢人口率の低下 7**

**1.1.3 介護保険サービスの発展 8**

**1.1.4 介護離職の増加 7**

**1.1.5 介護業界における人手不足 7**

**1.2 福祉介護用具の歴史 9**

**1.2.1 福祉介護用具の源流 16**

**1.2.2 福祉介護用具の種類 16**

**1.2.3 福祉介護用具開発の困難さについて 16**

**1.3 先行研究について 16**

**1.3.1 先行開発について 16**

**1.3.2 本研究の目的 16**

**1.4 P-mSHELLモデルを用いた考察 16**

**第２章 調査 18**

**2.1 調査 19**

**2.1.1 アンケート調査の実施方法 19**

**2.1.2 調査結果 19**

**2.2 排泄介護業務についての調査 19**

**2.2.1 実施方法 21**

**2.2.2 調査結果 21**

**2.3 現場調査 21**

**2.4 既存製品の調査 21**

**2.5 製品構想 21**

**第3章 開発 40**

**3.1 吸引部の開発 40**

**3.1.1 マットレス埋め込み型吸引部の開発 25**

**3.1.2 シリコンによるシート開発 25**

**3.1.3 防水シート素材におけるシート開発 26**

**3.1.4 ウレタンシートの開発 26**

**3.2 筐体部分の開発 27**

**3.2.1 筐体部分の改良 27**

**3.3 アルゴリズムの構築 28**

**3.3.1 アルゴリズムの検証 28**

**3.3.2 アルゴリズムの検証結果 28**

**3.3.3 アルゴリズムの改良 29**

**3.4 製品の検証実験 29**

**3.4.1 実験方法 29**

**3.4.2 実験結果 30**

**3.5 Webアプリの構想 30**

**3.5.1 Webアプリの開発 32**

**3.5.2 Webアプリの検証実験 32**

**3.5.3 Webアプリの検証実験方法 32**

**3.5.4 Webアプリの実験結果 32**

**第４章 製品の価値共有 40**

**4.1 製品の価値共有について 41**

**4.2 製品価値の整理と説明資料作成 45**

**4.3 動画の効果検証 48**

**4.3.1 検証結果 50**

**第５章 今後の展望と結論 56**

**5.1 展望について 57**

**5.1.1 ビッグデータの活用方法 57**

**5.1.2 排泄情報以外との連動について 59**

**5.2 まとめ 61**

**注釈・引用文献・参考文献 64**

**第１章　序論**

**1.1 本研究の背景**

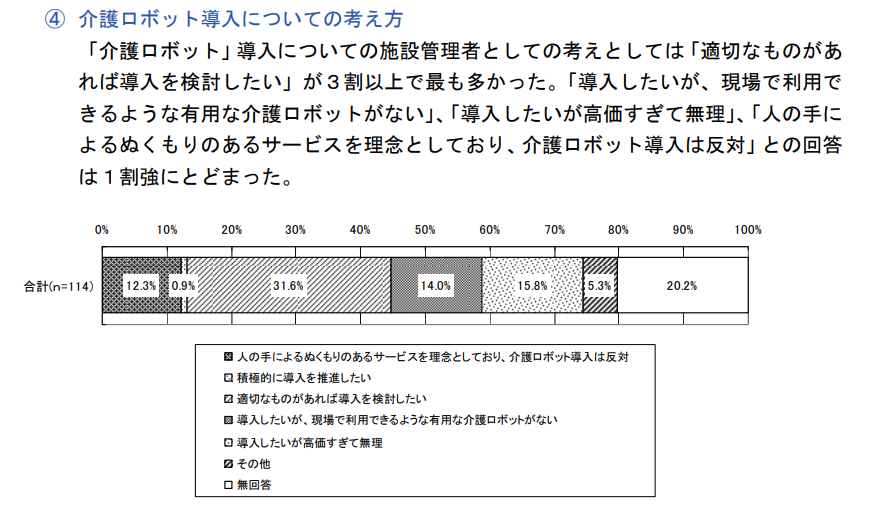
　平成9（1997）年に制定され、平成12（2000）年に介護保険法が施行されて以来、日本の介護保険サービスは急速に規模を拡大してきた。一方で、少子高齢化の発展に伴う介護保険サービスの需要拡大と、若年層の労働力不足が深刻な社会問題となっており、今後、日本が迎える超高齢化社会における要介護高齢者のニーズが、多様化および複雑化することは明白である。

　また、近年、介護現場における介護ロボットへの需要も高まっている。人手不足が深刻な問題となっている介護現場の負担を減らすため、国は平成13年度から介護ロボットの開発支援に乗り出し、平成15年度には補正予算に52億円を計上して普及を促した。介護ロボットの対象も幅広く、装着型の機器に限らず、手押し車のような移動支援、リフトのような移乗機器、見守りセンサーなども対象に入る。これらを介護施設が購入する際、約90万円を上限に全額を補助するという内容である。

　しかし、こうした制度の充実に反し、介護現場では依然として介護ロボットに対する否定的な声も根強くある。平成24（2012）年に厚生労働省がまとめた報告書（厚生労働省 平成24年3月「福祉用具・介護ロボット実用化支援事業 事業報告書 P30」）では、介護ロボットの導入についての考え方について調査しており、「積極的に導入を推進したい」という介護ロボットの導入に対して非常に積極的な意見は、調査結果全体の約1％にとどまった。一方で、介護施設の約12％が「人の手によるぬくもりあるサービスを理念としており、介護ロボット導入は反対」と答えている。

また、「導入したいが、現場で利用できるような有用な介護ロボットがない」、「導入したいが、高価すぎて無理」といった意見は全体の約３割にのぼり、現存する介護ロボットの質や導入費用といった面でも、介護施設における負担は大きく、介護ロボットの実用化に向けた施策だけでは、十分な効果を与えているとは言い難いことが浮き彫りとなった（図1-1）。

介護現場における介護ロボットの普及、浸透が進まない原因の一端に、こうした介護現場でのロボットに対するイメージの悪さに加え、メーカー側も現場のニーズを吸い上げ切れず、技術面では問題なくとも介護の実態に即さない機器が数多く存在するということがあると言える。

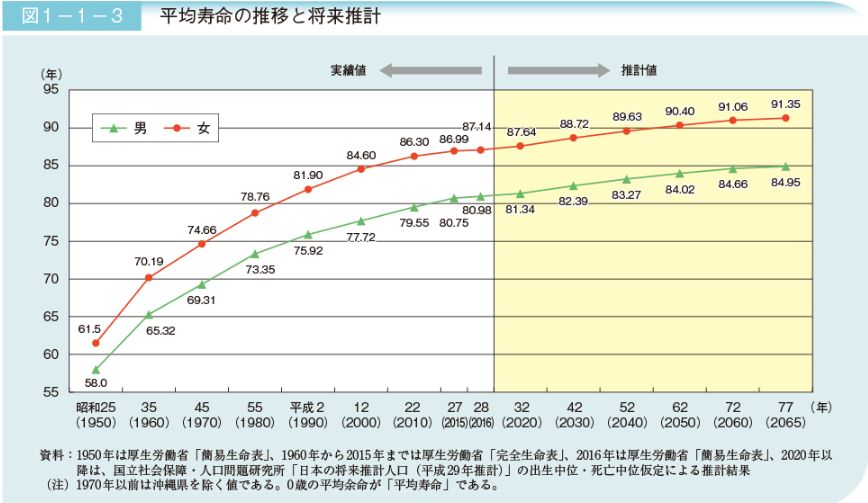
**図1-1　福祉用具・介護ロボット実用化支援事業　事業報告書　厚生労働省**

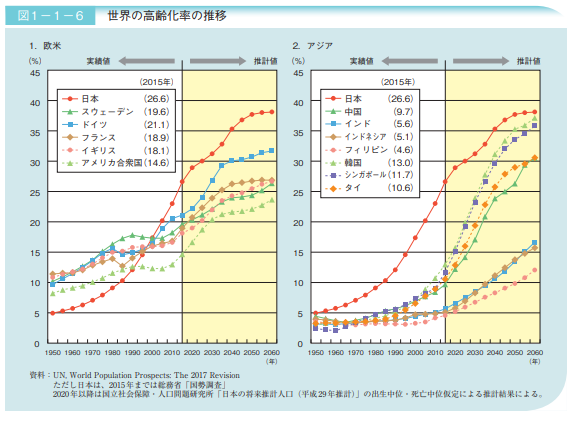
そこで、本研究では、上記のような日本の高齢化の進行、介護業界における人材不足の懸念から、介護現場の排泄分野においてロボット技術の導入が必要であると考えた。また、その中でも業務負担が大きく、かつ尊厳に最も関わる排泄ケアに着目し、新たな排泄介護用具の提案を行うものである。

　これにより、メーカーと介護現場との双方の意識のズレを解消し、現場で活用できる製品を普及させることにより、介護業界の環境改善に繋がることを目的とする。

**1.1.1　日本の人口推移と高齢化率**

　平成29（2017）年10月1日現在、日本の総人口は1億2,671万人である。そのうち65歳以上の高齢者人口は3,515万人となり、総人口に占める割合（高齢化率）は27.7％であった（内閣府 平成30年度版高齢社会白書 P2）。また、日本人の平均寿命は平成28（2016）年時点で、男性が80.98年、女性は87.14年となっている。この数値は年々延びており、平成77（2065）年には、男性84.95年、女性91.35年となると見込まれている（図）。

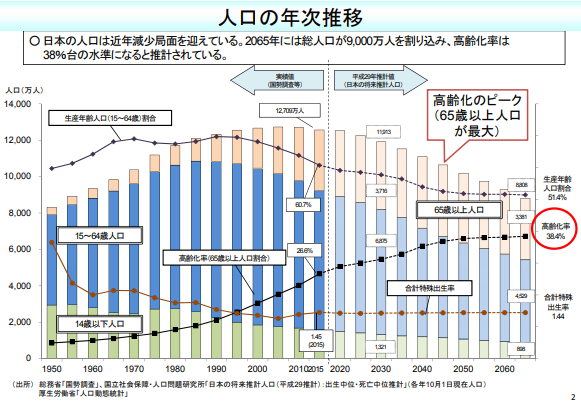
　以上のことから、日本における高齢化率は、平成17（2005）年には世界で最も高い水準となっており、今後も高水準を維持していくことが予想され、高齢化の進行速度についても他の先進諸国より速いスピードで高齢化が進んでいることが分かる（図）。

**図1-2　日本における平均寿命の推移　内閣府**

**図1-3　世界の高齢化率の推移　内閣府**

**1.1.2 生産年齢人口（15～64歳）の推移**

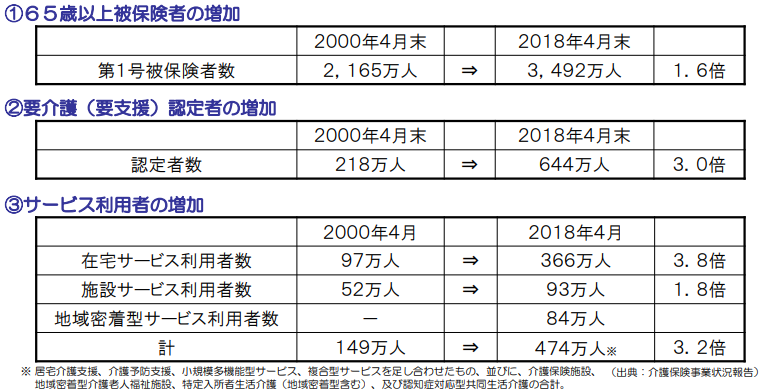
また、少子高齢化の進行によって、生産年齢人口（15～64歳）は1995年を境に減少しており、総人口も2008年から減少に転じている。平成27年国勢調査（総務省「平成27年国勢調査」）によると、2015年の総人口1億2,709万人のうち、生産年齢人口（15歳～64歳）は7,629万人となっている。

国立社会保障・人口問題研究所の将来推計（国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口（平成29年推計）」）によると、総人口は2030年には1億1,913万人と推計され、2053年に1億人を割り、2060年には9,284万人にまで減少すると見込まれている。同様に、生産年齢人口は2030年には6,875万人、2060年には4,793万人にまで減少するとされている（図）。

**図1-1　将来推計人口の概要　平成29年　厚生労働省**

**1.1.3 介護保険サービスの発展**

介護保険制度は、制度創設以来の18年間で、65歳以上被保険者数が約1.6倍に増加するなか、サービス利用者数はそれ以上の約3.2倍に増加した。中でも居宅サービスの利用者数が大幅に増加しており、平成12（2000）年時点では約97万人であった利用者は、平成30（2018）年には約366万人となっている（図）(厚生労働省　平成30年度　公的介護保険制度の現状と今後の役割　P3)。これは、前述したような少子高齢化を発端とする生産年齢人口率の低下といった背景から、介護保険サービスに対する需要の拡大とともにサービスが急速に発展したものと考えられる。

　現状、介護保険適用のサービスとしては大きく「居宅サービス」、「施設サービス」、「地域密着型サービス」の種類で分類できる。特に、要介護・要支援者が現在の居宅に住んだまま提供を受けられる介護サービスである「居宅サービス」は、複雑な需要に応えるようにしてサービスが細分化して発展してきた。例えば、「居宅サービス」に分類される「訪問サービス」と呼ばれる提供内容だけでも、「訪問介護」、「訪問入浴介護」、「訪問介護」、「訪問リハビリテーション」といったものがあり、それぞれ異なったサービス内容となっている（表1-1）。

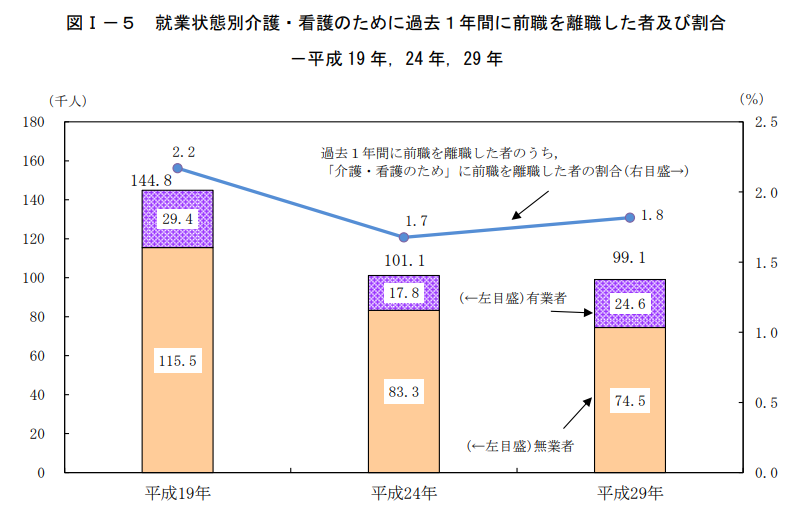
**図1-2　介護保険サービス受給者数の推移　厚生労働省**

**表1-1　訪問サービスにおけるサービス内容の比較**

|  |  |
| --- | --- |
| 訪問サービス | 利用者の自宅に訪問して行うサービス内容 |
| 訪問介護 | 買い物、掃除、食事、排泄等の介助 |
| 訪問入浴介護 | 移動式浴槽を用いた入浴の介助 |
| 訪問介護 | 医師の指示に基づく医療処理、医療機器の管理、  床ずれ予防、処理 |
| 訪問リハビリテーション | リハビリテーションの指導、支援 |

**1.1.4 介護離職の現状**

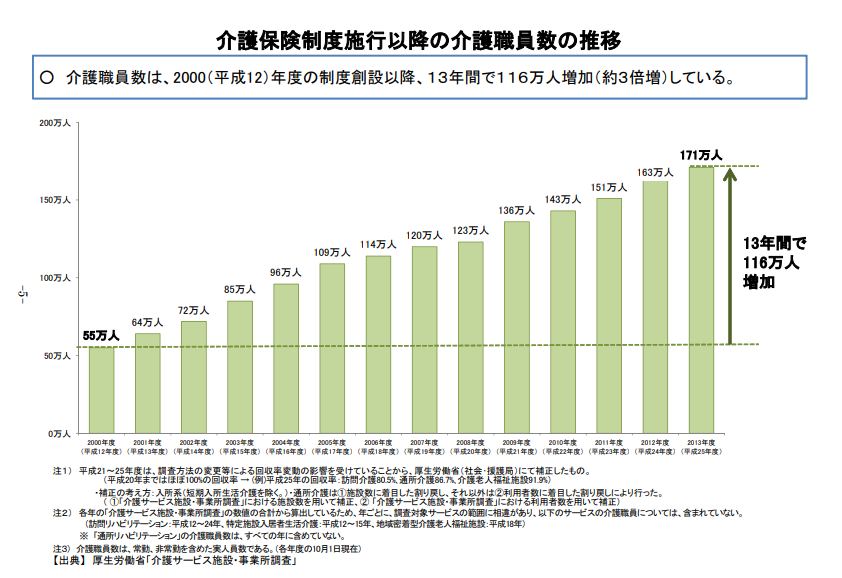
　前述した介護保険サービスには、課題も多く残されている。膨張し続ける社会保障費や進行する少子高齢化などを考慮すると、介護にかかる財源の確保は重大な課題といえる。

　また、総務省の調査（総務省 「平成29年就業構造基本調査」 P6）によると、平成28（2016）年10月から平成29（2017）年9月に「看護・介護のため」に前職を離職した人数は9万9千人であった。これは、平成24年度に行った同調査の人数とほぼ横ばいであり、状況は依然として厳しいものとなっている（図）。

**図1-2　介護離職者数の推移　総務省**

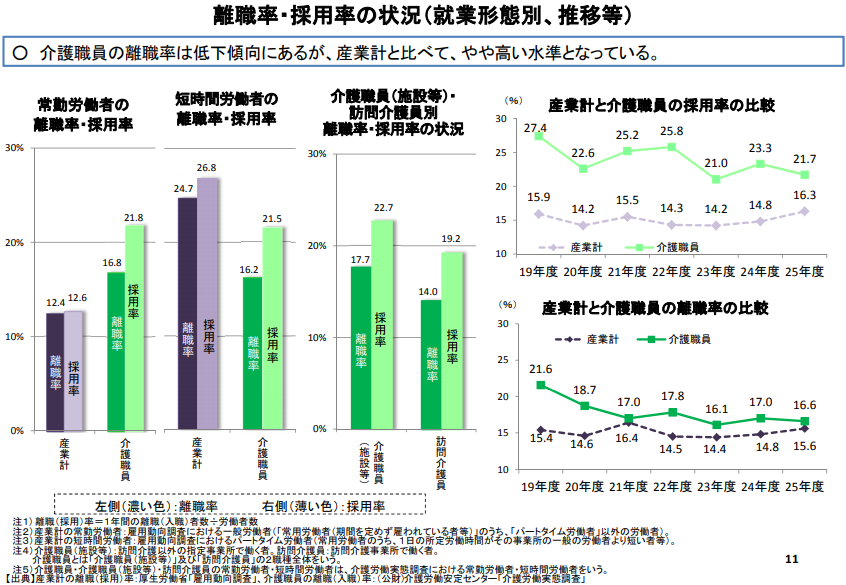
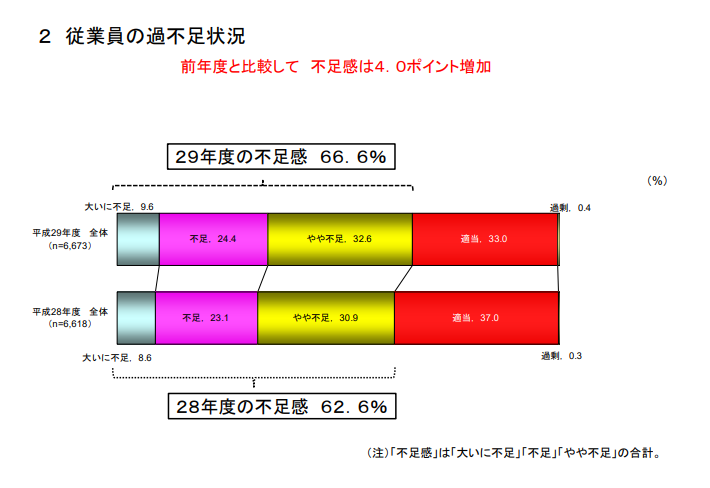
以上の状況から、平成30（2018）年4月に施行された介護保険法の改正では、「自己負担額の増加」や「自立支援・重度化防止に対するインセンティブの付与」といった内容が盛り込まれた。しかし、介護者が希望する介護度の認定に至らず介護者の負担が重くなる可能性や、利用者の自己負担増加によりサービス費用を支払うことができず、やむを得ず離職し介護に専念せざるを得ない状況が発生する懸念は残っていると言える。

**1.1.5 介護業界における人手不足**

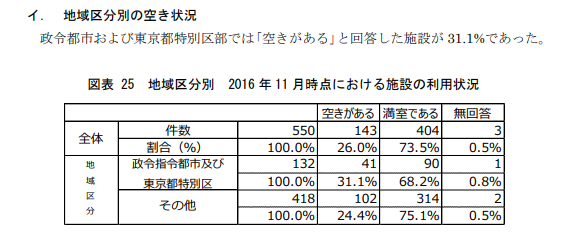
　厚生労働省の調べ（厚生労働省 平成27年 「2025年に向けた介護人材にかかる需給推計（確定値）について」）によると、介護保険制度の施行後、要介護（要支援）認定者数の増加に伴うサービス量の増幅により、介護職員数は増加傾向にある（図）。介護職員の離職率についても低下傾向で推移しているが、産業計と比較すると依然としてやや高い水準となっていることが分かっている（図）。

**図1-2　介護職員数の推移　厚生労働省**

　以上のような現状から、介護離職が減らない背景には介護業界における慢性的な従業員の人手不足があると言える。介護労働安定センターが全国の介護保険サービスを実施する事業所のうち、17,638先を対象に行った調査（公益財団法人 介護労働安定センター 平成29年 「介護労働実態調査結果」）によると、介護職員の人数が不足していると感じている事業所は全体の約67％にものぼっている（図）。こうした人材不足は、施設における空床率にも影響を及ぼしており、みずほ情報総研株式会社が行った調査結果（みずほ情報総研株式会社 平成29年 「特別養護老人ホームの開設状況に関する調査研究」）によると、人材の採用難などの理由から約３割の施設で空床があることがわかった（図）。

**図1-2　介護職員数の推移　厚生労働省**

**図1-2　従業員の人材不足　介護労働安定センサー**

**図1-2　施設の空床率　みずほ情報総研株式会社**

　こうした状況からも、介護業界における人手不足は深刻であり、施設への入所を望む待機者が増加することで、待機者を介護する家族の負担が増え、ひいては介護離職の増加にも繋がると考えられる。

**1.2.1 福祉介護用具の歴史**

福祉介護用具とは、心身の機能が低下し日常生活の営みに支障のある老人、または心身障害者の日常生活上の便宜を図るための用具およびこれらの者の機能訓練のための用具並びに補装具をいう。

こうした福祉用具の普及促進のために、政府は社会情勢に合わせた法律および制度の制定や改正をおこなっており、技術力の進歩による福祉用具の種類の増加だけでなく、多様化している福祉介護用具の需要に合わせるように社会的保障も充実していったと言える（表）。

**表1-4　福祉用具関連法・制度年表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 区分 | 法・制度 | |
| 全史 | 明治7年　恤救規則 | 大正５年　工場法 |
| 昭和７年　救護法 | 大正11年　健康保険法・被用者旧 |
|  | 昭和７年　労働者災害扶助責任保険法 |
|  | 昭和13年　国民健康保険法・非被用者旧 |
|  | 昭和14年　船員保険法 |
|  | 昭和16年　労働者年金保険法 |
| 現行史 | 社会福祉系 | 社会保険系 |
| 昭和  20～30年 | 昭和22年　旧生活保護法 | 昭和22年　労働者災害補償保険法 |
| 昭和23年　児童福祉法 | 昭和22年　船員法 |
| 昭和25年　身体障害者福祉法 | 昭和23年　国家公務員災害補償法・旧 |
| 昭和25年　生活保護法 | 昭和26年　国家公務員災害補償法 |
| 昭和27年　戦傷病者戦没者遺族等援護法 | 昭和26年　結核予防法 |
|  | 昭和28年　日雇労働者健康保険法 |
|  | 昭和29年　私立学校教職員救済法 |
|  | 昭和30年　自動車損害賠償保障法 |
| 昭和  31～63年 | 昭和35年　精神薄弱者福祉法（現・知的障害者福祉法）※ | 昭和31年　公共企業体職員等共済組合法 |
| 昭和38年　戦傷病者特別援護法 | 昭和33年　国家公務員共済組合法 |
| 昭和38年　老人福祉法 | 昭和34年　農林漁業団体職員共済組合法 |
| 昭和44年　重度障害者に対する日常生活用具の給付について | 昭和34年　国民健康保険法　非被用者 |
| 昭和45年　心身障害者対策基本法（現・障害者基本法） | 昭和36年　　　　　　　　＝全国普及 |
| 昭和47年　重度身体障害者に対する日常生活用具の給付及び貸与について | 昭和37年　地方公務員等救済組合法 |
| 昭和47年　重度障害児に対する日常生活用具の給付及び貸与について | 昭和42年　地方公務員災害補償法 |
| 昭和51年　老人日常生活用具給付等事業 | 昭和58年　老人保健法 |
| 平成元年以降 | 平成３年　精神薄弱者（知的障害者）に対する日常生活用具の給付及び貸与について | 平成12年　介護保険法♰ |
| 平成５年　福祉用具の研究開発及び普及の促進に関する法律※ |  |

注　１　※は関連法を、♰は旅行予定法を示す。

２　傷痍軍人救護関係法は省略した。

**表1-5　公的制度の対象となる福祉用具**

**―補装具（更生用）・治療用装具・日常生活用具―の性格**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 区分 | 補装具（更生用） | 治療用装具 | 日常生活用具 |
| 性格と  目的 | 身体障害者（児）が身体の損傷・欠損・機能低下を補うために身体の一部をほかの方法で代行する手段として用い、日常生活上または職業上で常用して、より生活の効率を保つための、恒久的な更生用機器・器具類 | 治療上必要なもので疾病障害等の回復を図る | 心身の機能が低下し、日常生活を営むのに支障のある一人暮らし老人、寝たきり老人または住宅重度障害者の日常生活の便宜を図り、介護する家族の負担を軽減するため、障害者等用に改善された用具機器類 |
| 身体条件 | 障害が固定し永続する場合、Disability（能力障害の代償）、Handicapped（社会的不利解消） | 症状が変化する場合（急性期～亜急性期）  Impairment（損傷機能不全治療） | 疾病・障害が永続し介助を必要とする場合 |
| 使用期間 | 日常的・継続的に使用する耐用年数が定まっている破損消耗の場合は、再交付・修理が認められる | 不定/短期間の阿合が大半である  引き続き同じ種類のものの支給は認められない | 不定期  破損消耗するまで |
| 法律 | 〔社会福祉系〕  身体障害者福祉法  〔社会保険系〕  介護保険法  （平成12年以降） | 〔社会福祉系〕  生活保護法  老人福祉法  〔社会保険系〕  国民健康保険法  健康保険法  国家公務員救済組合法  地方公務員等共済組合法  私立学校教職員救済法  農林漁業団体職員共済組合法  公共企業体職員等救済組合法  日雇労働者健康保険法  自動車損害賠償保障法  結核予防法 | 〔社会福祉系〕  身体障害者福祉法  （だいたい１～２級を対象）  児童福祉法  （だいたい１～２級を対象）  老人福祉法  （おおむね65歳以上）  〔社会保険系〕  介護保険法（平成12年以降） |
| 〔社会保険系〕  両方給付できる制度であるが、身体的状況、使用目的、種目などの限定条件がある。  労働者災害補償保険法、船員保険法、船員法、国家公務員災害補償法、地方公務員災害補償法、厚生年金保険法、労働基準法 | |

**表1-6　補装具および日常生活用具の種目・給付対象**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 区　分  対　象 | 補装具１）  （主に、身体障害者福祉法） | 日常生活用具 | |
| 給付・貸与種目 | 年齢区分２）  児☆ 者〇 老△ |
| 視覚障害 | 盲人安全杖  義眼  眼鏡  点字器 | テープレコーダー  点字タイプライター  盲人用カナタイプライター  視覚障害者用ワードプロセッサー  盲人用テープレコーダー  盲人用タイムスイッチ  盲人用時計  盲人用電卓  盲人用秤  盲人用体温計（音声式）  盲人用体重計  電磁調理器  点字図書  視覚障害者用拡大読書器  歩行時間延長信号機用小型送信機 | ☆　　×　　×  ☆　　〇　　×  ☆　　〇　　×  ×　　〇　　×  ×　　〇　　×  ×　　〇　　×  ×　　〇　　×  ☆　　〇　　×  ☆　　〇　　×  ☆　　〇　　×  ×　　〇　　×  ×　　〇　　×  ☆　　〇　　×  ☆　　〇　　×  ☆　　〇　　× |
| 視覚障害・  音声・  言語機能障害 | 補聴器  人口喉頭 | 聴覚障害者用屋内信号装置  聴覚障害者用通信装置  文字放送デコーダー | ×　　〇　　×  ☆　　〇　　×  ☆　　〇　　× |
| 肢体不自由・  体幹機能障害 | 車いす♰  電動車いす  座位保持いす  起立保持具  歩行器♰  頭部保護帽  排便補助具  収尿器  歩行補助杖♰  義手  義足  上肢装具  体幹装具  下肢装具  座位保持装具 | 便器  特殊便器  腰掛け便座（便座）♯  特殊尿器♯  浴槽  入浴担架  入浴補助用具  湯沸器  特殊寝台♰  体位変換器♰  マットレス♰  特殊マット  エアーパッド  訓練いす  訓練用ベッド  電動タイプライター  ワードプロセッサー  重度障害者用意思伝達装置  携帯用会話補助装置  電磁調理器  移動用リフト  歩行支援用具♰ | ☆　　〇　　×  ☆　　〇　　×  ×　　×　　△  ☆　　〇　　△  ☆　　〇　　△  ☆　　〇　　△  ☆　　〇　　△  ☆　　〇　　△  ×　　〇　　△  ☆　　〇　　△  ×　　×　　△  ☆　　〇　　×  ×　　×　　△  ☆　　×　　×  ☆　　×　　×  ☆　　〇　　×  ☆　　〇　　×  ×　　〇　　×  ☆　　〇　　×  ×　　×　　△  ☆　　〇　　×  ☆　　〇　　△ |
| 膀胱・直腸機能障害 | ストマ用装具 |  |  |
| 腎臓機能障害 |  | 透析液加温器 | ☆　　〇　　× |
| 呼吸器機能障害 |  | 酸素ボンベ搬送車  ネプライザー  電気式たん吸引器 | ×　　〇　　×  ☆　　〇　　×  ☆　　〇　　× |
| 知的障害 |  | 頭部保護帽  特殊マット  特殊便器  電磁調理器 | ☆　　〇　　×  ☆　　〇　　×  ☆　　〇　　×  ×　　〇　　× |
| 痴呆性老人 |  | 痴呆性老人徘徊感知機器 | ×　　×　　△ |
| 共通 |  | 火災警報器  自動消火器  緊急通報装置 | ☆　　〇　　△  ☆　　〇　　△  ×　　〇　　× |
| 貸与 |  | 福祉電話  老人用電話  ファックス | ×　　〇　　×  ×　　×　　△  ×　　〇　　× |
| レンタル |  | 車いす♰  移動用リフト♰ | ×　　×　　△  ×　　×　　△ |

注１　身体障害者福祉法「補装具の種目、受託報酬の額等に関する基準」：その他の社会福祉系および社会保険制度の給付種目は、この基準にすべて準拠している。

　２　年齢区分　児童☆：18歳未満　/　者〇：18歳以上　/　老人△：おおむね65歳以上

　３　介護保険法による給付対象福祉用具

　　　（貸与品：原則）　他方競合♰

　　　①車いす（普通型・普通型電動・手押し型）、②クッション、電動補助装置等の一定の車いす付属品、③特殊寝台、④マットレス、再度レール等の特殊寝台付属品、⑤じょく瘡予防用具、⑥体位変換器、⑦手すり（工事を伴わないもの）、⑧スロープ、⑨歩行器、⑩歩行補助つえ（松葉づえ、カナディアン・クラッチ、ロフストランド・クラッチ、多点杖に限る）、⑪痴呆症老人徘徊感知機器（屋外へ出たとき、家族・隣人等に知らせる）、⑫移動用リフト（吊り具を除く）

（購入費支給品：例外）　他方競合♯

①腰掛便器、②特殊尿器、③入浴補助用具（ⅰ入浴用いす、ⅱ浴槽用手すり、ⅲ浴槽内いす、ⅳ入浴台、ⅴ浴室内すのこ、ⅵ浴槽内すのこ）、④簡易浴槽、⑤移動用リフトの吊り具の部分

**表1-7　福祉用具に関する法・制度―公的給付―の現状**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 系列 | 法律 | | | 制度名 | 対象者 | 実施主体 | 手続き機関 | 給付基盤 | 自己負担条件 | |
| 社会福祉系 | 厚  生  行  政 | 身体障害者福祉法 | | 補装具および日常生活用具給付 | 18歳以上の身体障害者 | 市  町  村 | 市福祉事務所・町村役場 | 税金 | ある | 障害児・者・老人の属する世帯の前年度の所得税から負担額を決定する |
| 児童福祉法 | | 18歳未満の身体障害児 |
| 老人福祉法 | | 日常生活用具給付 | おおむね65歳以上の老人 |
| 戦傷病者特別援護法 | | 補装具 | 戦傷病者手帳所持者 | 国 | 都道府県 | ない |  |
| 生活保護法 | | 治療材料 | 生活困窮者 | 国 | 市福祉事務所・町村役場 |
| 社会保険系 | 医療行政 | 健康保険 | 政府管掌 | 医療費の給付 | 一般被用者 | 国 | 社会保険事務所 | 主  に  拠  出  金  （  保  険料） | ある | 給付を希望する補装具単価×健康保険給付率 |
| 組府管掌 | 健康保険組合 | 企業別健康保険組合 |
| 国民健康保険 | | 一般国民 | 市  町  村 | 市町村国民健康保険組合 |
| 老人保健 | | 70歳以上及び65歳以上70歳未満の寝たきり状態等の者 |
| 日雇労働者健康保険 | | 日雇労働者 | 国 | 社会保険事務所 |
| 船員保険 | | 船員 | 都道府県保健課または社会保険事務所 |
| 国家・地方公務員等救済組合 | | 国家・地方公務員 | 各共済組合 | 各共済組合所属機関の長 |
| 私立学校教職員救済組合 | | 私立学校教職員 |
| 介護保険 | | 予防・介護給付（福祉用具の貸与および特定福祉用具購入） | 介護認定の曼5歳以上及び廊下に起因する特定疾患で要介護認定の40歳～65歳未満の者 | 市  町  村 | 市町村 | 一部負担 |
| 労働行政 | 労働者災害補償保険法 | | 保健施設 | 一般雇用者 | 国 | 労働基準監督署 | ない |  |
| 国家・地方公務員災害補償保険 | | 福祉施設 | 国家・地方公務員 | 各人事担当部局 |
| 年金行政 | 厚生年金法 | | 福祉施設 | 一般雇用者 | 国 | 社会保険事務所 |

注１　療養費の給付対象は仮義肢および治療用装具である。日常生活用具は給付対象外

　２　保健施設・福祉施設：「補装具とほぼ同じ・日常生活用具は給付対象外

**1.2.2　福祉介護用具の源流**

福祉介護用具には二つの源流がある。一つは社会福祉施設におけるたとえば特殊浴槽であり、もう一つは個人用のたとえば義肢装具である。

前者は、一定程度の大量生産が可能であるが、多くの利用者の利用のために製作されるものであることから、個々の利用者には不便な場合が少なくない。また社会福祉施設における利用が前提であるため、その操作を健常者たる施設職員に委ねることが多く、利用者本人による操作は想定されていないことから、在宅用に直ちにつくり替えることはなかなかに困難である。

後者は、個々の利用者のために製作されるものであることから、個人の利用には適しているが、どうしても手作業による製作が中心となることから、近代科学技術の成果である器械や機械の活用という面では課題を抱えてきたといえる。

**1.2.3　福祉介護用具の種類**

JIS策定済みの福祉関連機器は以下であり、用具もしくは電動ベッドなどの機器が挙げられる。以下に策定済み福祉用具を列挙する（表）。

**表1-8** **JIS　策定済み（審議団体として担当分に限り掲載）**

|  |  |
| --- | --- |
| 福祉機器用具［リハビリテーション機器部門］ | JIS T 0102:1997 |
| 移動支援のための電子的情報提供機器の情報提供方法 | JIS T 0901:2011 |
| 手動車椅子 | JIS T 9201:2016 |
| 電動車椅子 | JIS T 9203:2016 |
| 病院用ベッド | JIS T 9205:2016 |
| 電動車いすの電磁両立性要件及び試験方法 | JIS T 9206:2017 |
| 車いす用可搬形スロープ | JIS T 9207:2015 |
| ハンドル形電動車椅子 | JIS T 9208:2016 |
| 電動６輪車椅子の試験方法 | JIS T 9209:2018 |
| 移動・移乗支援用リフト―第２部：移動式リフト | JIS T 9241-2:2015 |
| 移動・移乗支援用リフト―第３部：移動式リフト | JIS T 9241-3:2015 |
| 移動・移乗支援用リフト―第５部：リフト用スリング | JIS T 9241-5:2015 |
| 移動・移乗支援用リフト―第６部：立ち上がり用リフト | JIS T 9241-6:2015 |
| 移動・移乗支援用リフト―第７部：浴槽設置式リフト | JIS T 9241-7:2015 |
| 家庭用段差解消機 | JIS T 9252:2007 |
| 住宅用電動介護用ベッド | JIS T 9254:2015 |
| 住宅用電動介護用ベッド追補 | JIS T 9254:2015  /AMENDMENT:2016 |
| 電動立上り補助いす | JIS T 9255:2007 |
| 住宅用床ずれ防止用具第１部：種類 | JIS T 9256-1:2016 |
| 住宅用床ずれ防止用具第２部：静止形交換マットレス | JIS T 9256-2:2016 |
| 住宅用床ずれ防止用具第３部：圧切替形マットレス | JIS T 9256-3:2016 |
| 入浴台 | JIS T 9257:2010 |
| 浴室内及び浴槽内すのこ | JIS T 9258:2010 |
| 浴槽内いす | JIS T 9259:2010 |
| 入浴用いす | JIS T 9260:2011 |
| ポータブルトイレ | JIS T 9261:2011 |
| 和洋式変換便座 | JIS T 9262:2011 |
| シルバーカー | JIS T 9263:2017 |
| 歩行器 | JIS T 9264:2012 |
| 歩行車 | JIS T 9265:2012 |
| エルボークラッチ | JIS T 9266:2012 |
| 補高便座 | JIS T 9268:2013 |
| ベッド用テーブル | JIS T 9269:2013 |
| 車椅子用クッション | JIS T 9271:2015 |
| 車椅子用テーブル | JIS T 9272:2015 |
| 体位変換用具 | JIS T 9275:2015 |
| 据置形手すり | JIS T 9281:2016 |
| 固定形手すり | JIS T 9282:2018 |
| 留置形手すり | JIS T 9283:2018 |

**表1-9　策定・改訂中（原案作成委員会設置中を含）**

|  |
| --- |
| 多点つえ |

**表1-10** **ISO　策定済（審議担当外も一部含む）**

|  |  |
| --- | --- |
| 歩行用具  ・エルボークラッチ・歩行車（Rollators）・歩行器・多脚つえ・歩行テーブル | WG1 |
| 車いすの試験法 | SC1/WG1 |
| 車いすの拘束システム | SC1/WG6 |
| 用語と分類 | SC2 |
| 排泄関連機器・ストーマ・失禁用具ほか | SC3 |
| リフト | SC6 |
| 段差解消機・エレベーター | TC178 |
| 階段昇降機 | TC173/SC1 |
| 義肢装具 | TC168 |
| 環境制御システム | TC173 |
| 視覚障害者用音響信号機 | TC173/WG7 |

**表1-11** **策定・改訂中（審議担当以外も一部含む）**

|  |
| --- |
| 車いすシーティング |
| 車いす試験方法 |
| 視覚障害者用点字標識 |
| 病院用ベッド |

**表1-11** **SG　策定済み**

|  |  |
| --- | --- |
| 貼付概数（H29年度） | |
| 手動車いす | 61,746枚 |
| 歩行補助車（シルバーカー） | 309,302枚 |
| 歩行車（ロレータ、ウオーキングテーブル） | 39,897枚 |
| 棒状つえ | 856,341枚 |
| 簡易腰掛便座 | 45,080枚 |
| ポータブルトイレ | 23,270枚 |
| 入浴用いす | 2,298枚 |

**1.3.1　先行研究について**

　排泄およびその介護に関しては様々な立場からの研究がなされている。介護者の視点からは、介護老人保健施設におけるオムツ交換作業中の介護者の生体負担（小貫ら、2004）、オムツ交換におけるボディメカニクス基本8原則の活用と腰痛の関係 ― ビデオカメラを用いた介護現場の観察を通して（伊木、2013）などは、介護者の作業負担・状況の分析を行っている。

在宅で高齢者を介護する主介護者の介護負担感 : 排尿介護に焦点を当てて（井場ら、2014）は介護者の介護作業に関わる心理的側面を解説している。また、医学看護領域では、尿失禁を有する在宅要介護高齢者の排尿手段に関連する要因（田中ら、2016）、尿失禁患者に対する排尿モニタリングの有用性と排尿自立に向けた援助 ―脳梗塞患者の１事例を通して―（新井ら、2007）、排尿行動の自立に向けた排泄パターンのつかみ方（野崎、1998）、寝たきり高齢者にみられた規則的排尿パターンとその特徴（井関ら、2009）などがあり、特に後者２つの研究は、排尿パターンの定量化をこころ見ている。

このように、要素的な研究はなされているが、介護現場での運用を考慮した機器の研究開発はなされていない。病院や高齢者施設で有効な自動収尿装置の開発（岡野ら、2003）は、装置レベルでの解決には至っているが、現場での使用には難を残している。

現在、コンセプトは異なるが、本論の排泄検知シートと同様の効果を訴求している製品開発も進んでおり、本論の排泄検知シートの開発とそれに伴う、排泄パターンの定量化、排泄介護作業分析などは新規性に富んだ研究であると言える。

**1.3.2 先行開発について**

これまで述べてきた通り、福祉用具には様々な種類の製品が、様々な目的別に開発されている。またそれを導入するための金銭的支援や制度も多岐にわたっている。このことから、福祉介護の現場に技術を導入する際は、ユーザーへの細やかな理解と使用シーンの具体化が重要である。

本研究では、著者自らが開発した、高齢者障害者がベッド上で排泄した際に、排泄を通知するシステム「排泄検知システム」（以下本システム）を題材に、福祉用具や介護機器における開発プロセスを提案する。

福祉用具や介護機器開発の困難な点として、以下を列挙する。

＜開発困難な点＞

1. ステークホルダーが複数人存在する

福祉用具や介護機器においては、福祉用具自体の恩恵を受ける者（＝受益者）と、実際に福祉用具を使う者（＝使用者）と、福祉用具自体の費用を支払う者（＝購買者）が分かれる。

　　そのため、受益者と使用者、購買者それぞれのニーズを満たす機能設定、使いやすさ、コスト感のバランスが重要となる。

またこれらのバランスを取るために、介護現場の丁寧なリサーチと、それに基づいた開発、また使用方法をユーザに適切に伝える工夫をおこなってきた。本研究ではそれらのプロセスが製品化においてどのような効果をもたらしたかを検証する。

2. 使用シーンの理解が困難

介護現場での使用シーンを理解する上で、健常者の一般的な考えは通用しない。

たとえば著者開発の排泄の場合、健常者であればある一定量を勢いよく排泄することは可能だが、高齢者障害者の場合、膀胱や肛門括約筋の締まりが悪く、頻尿や常時便漏れの状態に陥る。こういった介護現場での使用ならではの状況把握を丁寧に行う必要がある。

3. 生活そのものをデザインする認識をもつ

介護機器や福祉用具の宿命だが、生活上困っている部分を補完・支援するゆえに、プロダクトの完成度はそのままユーザーの生活の質に直結する。あらゆるプロダクトデザインが本来そうだとは思うが、福祉用具はマイナスをゼロに、もしくはマイナスをプラスにする役目から、プロダクトに対するユーザーの期待も大きなものとなる。ゆえに開発段階から、ユーザーの日々の生活状況をつぶさに洗い出し、それをプロダクトの仕様に反映させて行く必要がある。

**1.3.3 本研究の目的**

本節では本研究の意義について述べる。

1. ロボット普及の意義

介護現場における介護ロボットへの需要は高まっている。国は人手不足が深刻な介護者の負担を減らすため、平成13年度から介護ロボットの開発支援に乗り出し、平成15年度には補正予算に52億円を計上して普及を促した。介護ロボットの対象も幅広く、装着型の機器に限らず、手押し車のような移動支援、リフトのような移乗機器、見守りセンサーなども対象に入る。これらを介護施設が購入する際、約90万円を上限に全額を補助するという内容で、約5,500箇所の施設が導入した実績もある。

また、介護を受ける側からの介護ロボットへの期待も大きい。オリックス･リビング株式会社は、2018年に全国の40代以上の男女1,238名を対象に、第11回「介護に関する意識調査」を実施した。それによれば、自身が要介護者になった際に、人の手による心理的負担を感じる理由などから、約8割が介護ロボットによる介護に肯定的な結果を示した。これは2008年よりオリックスリビングが開始した本調査において、過去最高の水準であった。このように、介護者側にとっても、要介護者側にとっても、介護ロボットへの期待と需要は高まっていると言える。

　しかし、こうした介護現場からの期待と国からの支援に反し、介護現場ではロボットに否定的な声も根強くある。2012年に厚生労働省がまとめた報告書では、介護施設の12％が「人の手によるぬくもりあるサービスを理念としており、介護ロボット導入は反対」と答えた。また、「導入したいが、現場で利用できるような有用な介護ロボットがない」との回答も14％あり、十分な効果を与えているとは言い難い。

介護現場でのロボットに対するイメージの悪さに加え、開発者側も現場のニーズを吸い上げ切れず、技術面では問題なくとも、介護の実態に即さない機器が数多く存在することが、介護ロボットの普及が進まない問題であると言える。

2. 対象範囲の広い福祉用具開発の重要性

福祉用具開発における困難さは、個々人ごとへの細やかなニーズに応えることと、大量生産によるコストダウンの両立である。同一規格で製造される製品は、コストを抑えて大量に生産することが可能だが、福祉用語用具を使用する個人のニーズの全てに、きめ細やかに応えることは困難である。

これに対して、個人の要介護レベルに合わせ、セミオーダーもしくはフルオーダーで製品開発する場合もある。多くみられるのは義手や義足などが多く、これらは専門の製作資格もある。個々人に合わせた設計と開発であれば、個別ニーズを十分に反映させることが可能であるが、コストが高く、また、同一規格での流通は困難である。

以上より今後の福祉介護用具には、個人差のある要介護レベルの影響から異なるニーズへも対応し、かつ大量生産によって価格を下げるという、相反する要素を両立させた、対象範囲の広い製品づくりが求められる。

3. 要素的な研究ではなく、包括的な研究

先行研究として、排泄ケアや介護業務に関する研究は、様々な立場からなされている。介護者の視点からは、介護老人保健施設におけるオムツ交換作業中の介護者の生体負担（小貫ら、2004）、オムツ交換におけるボディメカニクス基本8原則の活用と腰痛の関係 ― ビデオカメラを用いた介護現場の観察を通して（伊木、2013）などは、介護者の作業負担・状況の分析を行っている。また要介護者の視点での研究では、高齢者のうつ病からの回復:生活世界との関連における検討（田中ら、2014）などがあり、要介護者の負担をどのように軽減していくか臨床での検証を行なっている。このように、対介護者、対要介護者それぞれに対する詳細な研究は見受けられるが、介護とは本来、介護者と要介護者双方の関わりの中で行われるものである。そのため福祉用具開発においても、対象者は複数いることに留意した開発が行われるべきである。

また医学看護領域では、尿失禁を有する在宅要介護高齢者の排尿手段に関連する要因（田中ら、2016）、尿失禁患者に対する排尿モニタリングの有用性と排尿自立に向けた援助 ―脳梗塞患者の１事例を通して―（新井ら、2007）、排尿行動の自立に向けた排泄パターンのつかみ方（野崎、1998）、寝たきり高齢者にみられた規則的排尿パターンとその特徴（井関ら、2009）などがあり、特に後者２つの研究は、排尿パターンの定量化をこころ見ている。

このように現場における課題解決を要素的に行った研究はなされているが、これら要素が複合的につながり、介護者及び要介護者の日々の生活にどのように活用されるかを論じたものは少ない。例えば、病院や高齢者施設で有効な自動収尿装置の開発（岡野ら、2003）は、装置レベルでの解決には至っているが、現場での使用には難を残している。

そこで本研究では、介護現場からの期待と需要に的確に応えるために、介護現場へのロボット技術導入が早急に必要であると考えた。またその中でも業務負担が大きく、かつ尊厳に最も関わる排泄ケアに着目し、新たな排泄ケアシステムの提案を行う。

現在のコンセプトは異なるが、本製品の排泄検知シートと同様の効果を訴求している製品開発も進んでおり、本製品の排泄検知シートの開発とそれに伴う、排泄パターンの定量化、排泄介護作業分析などは新規性に富んだ研究であると言える。

また本研究では、本製品を、介護ロボットではなく、介護者支援ロボットとする。福祉用具の研究開発及び普及の促進に関する法律では、「老人又は心身障害者の日常生活上の便宜を図るための用具及びこれらの者の機能訓練のための用具並びに補装具」と定義されており、また介護保険法では、「要介護者等の日常生活の自立を助けるためのもの」と定義されている。また厚生労働省は、「福祉用具・介護ロボット開発の手引き」にて、介護ロボットを「ロボット技術を活用した福祉用具」と位置づけている。以上より介護ロボットとは、「ロボット技術を用いた要介護者を支援する道具」であるといえる。

これに対し本製品の目的は、あくまで介護者を支援することで、副次的に要介護者を支援することである。

理由として、今現在介護を直接的に行なっている人的リソースを最大限に活用することが、介護現場を的確に支援する最善の方法と考えるためである。上記のオリックスリビング社の調査の通り、確かに要介護者側の介護ロボットに対する心理的参入障壁は下がっているが、現在のロボット技術では、未だ完全に人の代替をすることは困難である。そのため介護者の完全代替を目指すロボット技術開発ではなく、介護者と協調しながら介護業務を支援するロボット技術開発が現実的であると言える。

以上の理由より、本研究における本製品は、介護ロボットではなく、介護者を支援することで間接的に要介護者も支援し、双方の関係性を円滑に図ることを目的した、介護者支援ロボットと定義する。

**1.4 P-mSHELLモデルを用いた考察**

本研究では、ヒューマンファクター工学の医療用説明モデルである「P-mSHELLモデル」を用いた。「P-mSHELLモデル」とは、患者（Patlent）、管理（management）、ソフトウェア（Software）、ハードウェア（Hardware）、環境（Environment）、同僚（Liveware）、本人（Liveware）の要素を総合的に取り入れた手法となるため、製品を取り巻く環境を相対的に考慮した開発を行うことができる。

具体的な開発方法の手順を考察した。まず調査として、患者（要介護者）、本人（介護従事者）、同僚（施設経営者）、環境（介護現場）それぞれのファクターに対して行う。次に、調査から導き出された知見をもとに、ソフトウェアおよびハードウェアの開発を行い、臨床現場での検証実験調査から改良を進める。

また、最終的に完成した製品が、介護現場においてスムーズに導入される事も重要であるため、福祉介護用具とそれを取り巻く環境を総合的にマネジメントしていくことが重要と考えた。

**第２章　調査**

**2.1 調査**

ここでは、ヒューマンファクター工学の医療用説明モデルである「P-mSHELLモデル」を用いた具体的な開発方法の手順を考察し、患者（要介護者）、本人（介護従事者）、同僚（施設経営者）、環境（介護現場）それぞれのファクターに対してアンケート調査等を行ったことを記す。

まず、現場で介護に従事する者を対象に、ロボット技術の導入が求められている介護業務の検証のため、インターネットでアンケート調査を行い、排泄業務に対する負担感が重いことが判明した。また、自ら介護現場に介護職として介護業務に従事することにより、アンケート調査だけでは把握しきれない細かな介護の現状を、身をもって理解した。

次に、以上のアンケート結果から、排泄介護に関わる福祉介護用具に着目し、開発すべき福祉介護用具の指標を求めるための既存製品の調査を行った。その結果、非装着であること、便の検知が可能であること、コスト面を考慮したものであることの３点を指標とし、福祉介護用具の構想を考えた。

**2.1.1 アンケート調査の実施方法**

アンケートは2013年6月に、楽天リサーチを使用しweb上で調査を行った。被験者は、日本全国の介護従事者とし、有効回答数は2580となった。

**2.1.2 調査結果**

介護市場全体における、排泄介護が必要な要介護者は約278万人（全体の47％）である。その中でも、「寝たきりでおむつ使用」の要介護者は約122万人（全体の20％）に上る。

排泄介護が必要な要介護者数や、「寝たきりでおむつ使用」の要介護者はともに、在宅で介護を受けている方が多数であった。排泄介護が必要な要介護者の内、施設利用者は約101万人（36％）であり、在宅介護は約177万人（68％）であった。「寝たきりでおむつ使用」の内、施設利用者数は約49万人（40％）、在宅介護は約73万人（60％）であった。

これは、施設介護を受けられている要介護者よりも、在宅で介護を受けている要介護者の方が人数として大きいことを表している。

また施設介護では、介護保険施設及び高額な老人ホームの方が「寝たきりでおむつ使用」割合が高いことがわかった。介護保険施設（三種）及び高額な老人ホームでは、施設利用者の約4割が「寝たきりでおむつ使用」（約39万人）に上った。一方、低額な老人ホーム、グループホーム及び小規模多機能施設では、約2割程度（約10万人）であった。在宅介護（“介護サービスを利用していない”を含む）の約5割が通所介護であるものの、訪問介護利用家庭が「寝たきりでおむつ使用」割合が25％と最も高いことがわかった。通所介護の施設利用者の約1割が「寝たきりでおむつ使用」（約29万人）であった。訪問介護では、「寝たきりでおむつ使用」の割合が25％にものぼる（約37万人）。

この結果から、本製品の直近ターゲットユーザーは、「寝たきりかつおむつ使用」の高齢者に絞ることとした。本製品はベッド上で使用する製品であるため、ベッド上で過ごす時間が多い「寝たきりかつオムツ使用者」を、直近のターゲットとすることとした。

また要介護者の人数としては在宅介護の方が多いが、在宅介護現場は、施設介護現場に比べて、清掃が定期的に行われていない。それゆえ部屋自体の生活臭が強くなってしまい、本製品が誤検知する可能性があった。

実際に開発当初、開発関係者の自宅で本製品の試作機を使用したところ、使用時間中、センサー値が上限に達していたことがあった。これは、その開発者の自宅で猫を飼っていたため、においがついてしまっていたと示唆される。

以上の理由より、本製品の直近ターゲットユーザーは、「寝たきりかつおむつ使用」の高齢者に絞り、また使用現場は、介護施設に限定することとした。

**2.2.1 排泄介護業務についての調査**

排泄業務の実情について、説明をする。病院や介護施設においては、１回のおむつ交換に３分程度の時間を要する。また、１人の入居者に対し、１日６回程度の交換を行うため、施設全体の要介護者人数で考えると、１日あたり15時間もの業務時間が費やされていると言える。

さらに、排泄のタイミングや回数、量には個人差があり、介護業務のスケジュール通りの交換対応では対応しきれない現状も問題としてある。このような現状は、排泄業務に対する負担感を調査したアンケート結果にも表れていた。

排泄業務を負担だと感じている割合を調査した結果、負担と感じている介護従事者の割合は全体の約７割と高い数値を示した。この結果からも、排泄介護業務の困難さや負担の大きさが分かる。

**2.2.2 実施方法**

アンケートは2013年6月に、楽天リサーチを使用しweb上で調査を行った。被験者は、日本全国の介護従事者とし、有効回答数は2580となった。

実施期間は6月21日から6月26日に行った。

webアンケート項目は事前に依頼し、開発者側の任意の質問内容および質問数でアンケートを作成した。

作成時には、特に本製品に関わる排泄介護に対する質問を重点的に行った。

**2.2.3 調査結果**

介護現場における排泄介護の実態として、本製品の「”排泄を適宜通知”」し、「”排泄リズムを把握”」する機能は、介護施設の方針と合うといえる。その理由として、介護施設の７割が「おむつはずし」に積極的に取り組んでおり、そのためにも排泄リズムを正確につかんでいくことは重要であると考えている。

またおむつ交換による排泄を主とする要介護者に対しても、随時介護（排泄の度にすぐ交換）を目指す施設は５割以上ある中、実際に実行できているのは1～2割程度のみであった。特に入所型の介護施設では排泄介護を苦にしている介護者が多く存在しており、また介護業務の2割もの時間が排泄介護に費やされている。それゆえ、6～8割の介護者が排泄介護を「たいへん」だと感じていることが判明した。

また、おむつ交換による排泄を主とする要介護者に関して、本製品で解決可能な課題が存在していることがわかった。具体的な課題として、「①おむつを開かないと排泄の有無が分からない」、「②人により排泄頻度が異なること」が半数の介護者から改善したい点として挙げられている。その結果、特に排泄介護を重点的に行う「有料老人ホーム」や「グループホーム」では、おむつ交換をしても２割程度は排泄をしておらず、無駄なおむつの開閉が発生していることがわかった。

さらに、排泄記録・排泄リズムの取得についても「本製品」による取得自動化に対する要望が存在していることがわかった。9割以上の施設が排泄記録を付けているものの、ほぼ全て手動（紙orPC）で記録している状況であることがわかった。排泄リズムも全員分把握している施設は３割程度に留まり、把握できていない理由は「手間」がかかるためであることがわかった。

以上の理由から、「本製品」の導入は7～8割の介護施設において、検討の俎上に乗るのではないかと示唆された。但し、確実な導入には、介護保険適用等を通じた価格の抑え込みや、的確な営業が必要となると考えた。これは、単価5万円で”検討してもよい”は7割存在も、”是非検討したい”は5%程度に留まったことが理由である。

以上より、介護現場において本製品が解決しうる課題は存在したこと、特に「おむつを開けないと排泄の有無がわからない」や「人により排泄頻度が異なる」などは、本製品の機能的特徴とも合致し、介護現場での課題を解決しうると考えた。

**2.3 現場調査**

本項では現場調査について記述する。前述してきたように、webアンケートによる調査では、本製品が排泄ケアに対する課題を解決できる可能性を示唆できた。本項では、介護現場におけるヒアリング調査内容について記述する。

ヒアリング調査は2017年12月から、2018年2月に半構造化インタビューを用いて行った。

半構造化インタビューとは、インタビュー時の大筋の質問事項やインタビューの流れは決めておきつつも、もしある質問事項について深掘りして話をしたい場合には、その話題について深掘りし話をするインタビュー手法のことである。これにより、表層的な意見だけでなく、予想していなかった話などを聞くことが可能となる。また予定調和のインタビューになりすぎず、インタビュー中の雰囲気が雑談のようになるため、質問される側の緊張を解きほぐす効果もある。緊張を緩和することで、質問者はより本音を聞き出しやすくなる。これは、特に介護職の方に他業種がインタビューをする際に、とても重要な手法である。

1章でも述べたように、介護業界と技術者は、常時良好なコミュニケーションが取れているわけではない。介護現場の真のニーズを聞き出せず、現場のニーズと方向性の合わない製品開発をしてしまうことも少なくない。そういった状況下で、まず介護現場の方々と打ち解けること、その次に普段感じている、言語化されていない感情的な思い含めて、まず技術者側が受け止めること、そういった側から見ると雑談に見えてしまうようなインタビューの中から、介護職の方さえ気づいていなかった、真のニーズを顕在化させられるのではないかと考えている。

また前もって用意しておいた質問事項だけに沿ってインタビューを進めてしまうと、開発者側の”こうあってほしい”という思いや主張を押し付けすぎ、その思想に介護現場側が誘導されてしまうことが起きる。また開発者側の思想と介護現場側の思想が相いれず、最悪インタビュー中に仲違いしてしまうなどが起きる。

こうした、介護現場にとって技術者は、前提として"異質な存在"であること、そのためどうしても緊張した状態でのインタビューになりがちであることに留意しながら、インタビューを進める必要がある。

**2.4 既存製品の調査**

本節では、排泄検知機に関する既存製品について調査を行った。

排泄を検知する製品には、複数の技術方針が存在するが、大きく分けて、身体に直接装着が必要となる装着型と、装着の必要がない非装着型に分別できる。

装着型の場合、体への装着が必要となるため、どうしても装着する要介護者側の身体的負担は増加する。また介護者側も機械の脱着が必要となり、場合によっては業務負担がかえって増えてしまう懸念点がある。

また装着型の中でも、超音波技術により、膀胱内の膨張率を測定する技術方式は、肌にジェルを塗布し、機器を装着しなければならない。ジェル塗布によって不快感が増すだけでなく、要介護者の肌トラブルなど身体的な影響も懸念される。排泄検知をし、排泄ケアの負担を減らす試みの一方で、要介護者と介護者それぞれへの負担が増してしまう恐れがある。

そのほかの技術方式としては、濡れセンサー、静電容量方式等が使用されている。

濡れセンサーや静電容量方式を用いたものなどは、検知可能な排泄が尿に限られている事や、汗を排泄と誤検知する可能性がある。さらに、センサーが搭載されたおむつは、毎回使い捨てとなることから、排泄業務を行うたびに新しいおむつと、センサーを使用する必要もありコスト面において負担となるデメリットも存在する。濡れセンサーや静電容量技術方式だと、装着できる要介護者が限られてしまう、また検出できる内容に制限があるなど、製品の適用範囲が意図せず狭まる要因をはらんでいる。

以上の点より、「要介護者に非装着であること」、「尿だけでなく便も検知できること」、「使い捨て方式ではないこと」、の3点に注視しながら製品構想をおこなった。

**2.5 製品構想**

前述してきた既存技術の課題より導き出された製品構想は以下である。

１に非装着であること。２に便の検知が可能であること。３にコスト面を考慮したものであること。以上の３点に着目し、ベッドに敷いて使用するシート型であり、臭いセンサーを用いた、衣類の外から非装着で排泄物を検知する製品の構想をおこなった。

本構想案であれば、被介護者への身体的な負担を抑えることができる。

また、シートの形状や使用方法は、介護施設において日常的に使用されている防水シートと類似させ、介護現場でもなじみがあることから、介護者にとってのユーザビリティも高くなるよう配慮した。

臭いセンサーを用いることにより、汗による誤検知を排除することはもちろん、濡れセンサーや静電容量方式では検知することができなかった便の排泄も検知可能となるため、従来の排泄検知機器に比べ検知率も高くなることが想定される。

さらに、シート部分とセンサー部分とを取り外し可能な形状とすることによりシート部分に飲食物や排泄物等の付着物が発生した際には、シート部分のみを洗浄し乾燥後に再度利用することができるため、衛生面や、コストパフォーマンスの問題にも寄与できるといえる。

以上のような製品コンセプトのもと、製品開発を開始した。

次章からは、実際の開発内容と浮上した課題、またそれに対する対応策を述べる。

**第３章　開発**

**3.1 シート部分の開発**

本章では、吸引部およびセンサー部分で構成されるハードウェア、センサー制御や排泄周期解析を行うソフトウェアに分かれるため、ハードウェアにおける吸引部の開発およびセンサー部分の開発を説明し、その後、センサー制御や解析を行うソフトウェアの説明をする。

まず排泄検知システムの吸引部開発について記述する。

本研究で扱う排泄検知システムは、ベッド内の空気を吸引する吸引部を有する。吸引部はベッド内の空気を一定量吸引し続けており、それによって排泄した際の排泄臭を吸引、筐体内にあるにガスセンサーが排泄を検知する。

また吸引部は使用上、要介護者の臀部下に常に敷くため、長時間吸引部上に就寝していても、臀部に過度の圧がかからない設計が求められる。これは使用者の寝心地だけでなく、過度の圧による褥瘡を未然に防ぐためでもある。

また本吸引部は、日常的に排泄物に汚染される可能性が十分あるため、筐体部と吸引部の容易な脱着、吸引部のシート洗浄が可能な必要がある。これらの要点を踏まえて、吸引部開発を行った。

本節では、以上の要点を踏まえた上で、どのように吸引部の改良を行ったかを述べていく。

**3.1.1 マットレス埋め込み型吸引部の開発**

はじめにマットレスへ埋め込んだ吸引部について説明する。マットレス自体をくり抜きセンサー部そのものを埋め込んだ。これはセンサー部などの機械部分がユーザーの目に触れないようにし、マットレスを敷けば設置完了とできることを目指した。

しかしマットレスの選定は要介護者の身体状況に合わせて適宜個別に選定されている。また商流の関係で、マットレスはベッド購入時、もしくはベッドレンタル時に合わせて選定する。そのため、排泄検知システムを導入したいにも関わらず、マットレスに排泄検知システムが埋め込まれていると、施設側は既存のマットレスの処分をしなくてはならなくなる。

これらの要因から、排泄検知システムはマットレスへの埋め込みではなく、マットレス上に敷くシート型でいく方向になる。

**3.1.2 シリコンによるシート開発**

ここではシリコン素材を使用した吸引シートの開発について述べる。

前述の通り、マットレス内に筐体全てを一包化することはやめ、どのような種類のマットレスにも敷くことが可能な、シート型でのプロトタイプ開発を新たにおこなった。

シートの素材を選定する際、以下のことに留意し素材選定を行った。

1. 就寝時に連続して使用するため、体への圧が極端にかからない必要がある。そのため柔軟性を備えた素材の選定が必要である。

2. 排泄物に常時汚染されるため、衛生面への配慮が必要である。そのため洗浄が容易であり、可能であれば抗菌作用がある素材を選定する。

以上の2点に留意した結果、シート素材にシリコンを選定した。

シリコンは硬度を変えることができ、本吸引部に適した柔軟性を追求することが可能ではないかと考えた。

また、シリコンそのものに抗菌作用があり、かつシリコン本体を水で洗浄することも可能である。そのためシリコン素材を選定した。

しかし、シリコン素材では以下の点に問題があった。

1. 体への極端な圧は避けられたが、やはり長時間シリコン製の吸引部に横たわると、どうしても臀部が痛む、寝心地が悪く就寝に悪影響を及ぼすなどが起きた。また長期間使用すれば、肌の弱い高齢者であれば褥瘡原因になると考えられた。

2. 予想以上に洗浄頻度が多く、汚染された他の衣類などと一緒に、洗濯できる必要があった。

以上より、シリコン素材での吸引部開発をやめ、より柔軟性があり、かつ洗濯可能な布素材を用いたシートを開発することとした。

**3.1.3 防水シート素材におけるシート開発**

次に、シリコン素材でのシート開発における問題点を踏まえ、採用する素材を変更し開発について述べる。

シリコン製の吸引部開発ではなく、より体の圧や寝心地への配慮、また洗濯可能であることを考慮し、寝具として実績のある防水シートで実績のある素材を選定した。これにより、問題としていたシリコンの厚みによる使用時の違和感や、長期使用による臀部への痛み、床ずれの危険性を抑えようとした。

また、空気を吸引するためのチューブを布生地で挟み込むことで、チューブの凹凸による違和感を軽減させている。

さらに、吸引口の穴の感覚についても調整した。臀部からの排泄臭吸引に最も適した穴の感覚やサイズを調査し、チューブの素材や太さもこのタイミングで選定した。

**3.1.4 ウレタンシートの開発**

次にウレタンシートについて記述する。

前述の布生地採用により、寝心地は向上したが、チューブの凸凹が要介護者の肌に圧をかけてしまい、床ずれの要因になる可能性があった。そのため、チューブの上にウレタンクッションを挟むことで、チューブの凸凹による圧を軽減、床ずれの心配を減少させた。なお本技術は、パラマウントベッド社の単独技術として特許化されている。

**3.2 筐体部分の開発**

次に筐体部分について記述する。

筐体部分は主な機能として、空気を吸引するポンプ部、排泄臭気を検出するセンサー部、センサーデータを送信する送信部がある。

吸引部のチューブを通して、吸引した空気が筐体内のセンサー部へ流入し、排泄臭気がセンサーに反応することで、排泄検知している。

本節では、筐体における課題を、設計上どのように留意したか記述していく。

**3.2.1 筐体部分の改良**

ポンプ部は、初期段階では流入量の大きなバキュームポンプを選定していた。

空気流入量は30-40ℓ/minである。これはベッド内の空気吸引には数十ℓ/min必要と当時考えたことが理由である。しかし、研究を進めていく中で、空気吸引には数ℓ/minあれば排泄検知には十分であることがわかったこと、また当初選定していたバキュームポンプでは、騒音や設置に課題があったことから、ポンプの再選定を行った。

その結果、小型かつ吸引音がほとんどない、ピエゾ素子ポンプを選定した。

ピエゾ素子ポンプは、超音波振動を応用して「空気ポンプ」として動作させる構造設計を行い、非常に小型・薄型・静音のエアデバイスである。これを用いることで、筐体内にポンプを内蔵させることが可能となった。また、就寝時に使用する機器のため、静音化が必須条件であったが、ピエゾ素子ポンプに変更することで、それも実現可能となった。

以上により、ポンプ選定を変更することで、静音化が可能となった。

また、空気吸引時に誤って排泄物を吸引してしまった際に受け止めるタンク部分を追加設計した。これは検証実験を行う中で、空気吸引とともに排泄物自体を吸引してしまい、センサー部分を汚染・腐食してしまう事態が発生したためである。そこで、排泄物を吸引した場合にも、ポンプ部に排泄物が到達しないよう、ポンプ部に排泄物が留まるタンクスペースを設けるよう設計を変更した。

これにより、たとえ排泄物を吸引してしまっても、ポンプ部内部には排泄物が流入しないようになった。またポンプ部とタンクスペースを分離することで、タンクスペースを洗浄すれば筐体の衛生面が保持できるようにした。恒常的に排泄物に汚染される機器だからこそ、汚染後に簡易洗浄は重要な課題である。

ガスセンサーの選定時には、以下のことに留意して選定した。

1. 日常的に使用するため耐久性に優れていること

2. 量産時を考慮し、比較的安価であること、流通実績があること、今後も販売が継続される可能性が高いこと

ガスセンサーは、火災検知器などで用いられている、一度しか反応しない使い捨て仕様のセンサーも多くある。それらのセンサーの反応性はよいが、使い捨てのため日常的には使うことが困難である。そのため日常的に使用する本筐体では、コストパフォーマンスや使用勝手の点から適さないと考えた。

本筐体では、空気清浄機やエアコンへの搭載で実績のある、フィガロ技研社のガスセンサーを採用した。本センサーは空気清浄機やエアコンなど、日常的に使用する製品において使用されている。部屋内のタバコや異臭などを検知すると、空気清浄機やエアコンが空気吸引するために用いられている。

そのため、日常的な使用に耐えうること、耐久年数が数年であること、ゆえにコストパフォーマンスが高いことが選定理由となった。

また、本センサーは大量生産されているため、比較的安価であること、流通実績があること、今後も販売が継続される可能性が高いこと、これらも選定理由となった。

送信部については、実験時はwifi接続を前提としたwifiモジュールを搭載していたが、2018年現在の介護施設はwifi設備の過渡期であること、そのためwifiありきの送信モジュール選定は、本製品導入時に、施設側にwifi設置を強いなくてはならないため、避ける必要があった。そこで製品化の際には、wifiなどのネットワークインフラがなくとも使用可能な無線モジュールを選定した。

具体的にはサブギガ帯モジュールを使用し、専用送受信機を使用することで、施設側のネットワークインフラ構築を不要とした。

以上より、筐体部に使用する部品選定の見直しおよび設計変更により、現場での使用に耐えうる製品を実現した。

**3.3 アルゴリズムの構築**

この節では、排泄検知に関する関連製品とそれらのアルゴリズムの概要ならびに

本研究におけるアルゴリズム構築および検証について述べる。

**3.3.1 排泄検知に関する関連製品とアルゴリズムの概要**

まずはじめに、他の排泄検知に関する関連製品がどのような方法を用いて検知しているか述べる。

筒口ら（参考文献）は、排便後の早急なおむつ交換を可能とするため、高齢者や障害者の排便を検知するセンサーシステムの開発と臨床現場での評価試験をおこなった。このセンサーシステムには、硫化水素、アミン系、VOC(有機揮発物質)の3種類に反応するガスセンサー3つと温度センサーを採用している。おむつにはチューブと温度センサーが設けられており，チューブからおむつ内の空気を吸引することによってにおいを計測するとともに，温度センサーによっておむつ内の温度を計測する.この合計4つのセンサー値を処理することによって排便検知をおこなう.実験により，各センサーによって計測されるデータの傾向を示した.しかし，複数の化学物質に反応するような選択性のないガスセンサーと比較して，硫化水素やアミン系など特定の化学物質に対して選択性を持っているガスセンサーは高価である.そのため，製品化を考えている場合には採用することが難しい.また，おむつ内に温度センサーを載せておくことやチューブを挿しておかなければならないことから，被介護者の体にデバイスが接触することによる不快感や危険性か存在すると考えられる.

他にも，水川ら[6]は，FIGARO技研株式会社製のガスセンサーTGS2450をおむつに装着した排泄検知システムを提案している.おむつに装着するため装着時の違和感を軽減するために小型であることと，センサーが汚染された場合には廃棄できるように安価であることを条件として選定している.水川らは，TGS2450に関する応答時間や加熱時間特性などに関する実験をおこない，ガスセンサーを用いた排尿・排便検知が十分可能であることを示した.

このように，ガスセンサーを用いた排泄検知に関する研究や製品は散見される.しかし，おむつに装着する必要があるため，違和感や不快感が伴う場合があると考えられる.また，センサーを廃棄する場合も多く，コスト面の問題も考えられる.一方で，排泄部周辺の空気を吸引することでセンサー値を取得する製品も見られる.

フォーリーブス株式会社は，尿や便を吸引パイプで吸引しガスセンサーによって検出するシステムを開発した[b].防水フィルタを施したポンプによって吸引するため汚染されない仕組みをとっており，アルゴリズムによっておならを検出することもできる.排便と排尿の識別にはベースラインからのピークの幅の違いを用いており，非接触型となっている.

後述する本研究のアルゴリズムもこのシステムと同様に，排泄部周辺の空気を吸引することで排泄検知を実現しているが，ガスセンサー値にはセンサー個体差や利用者の個人差によるばらつきが大きいため，それらを吸収するアルゴリズムを備えている点が異なる.

次に、排泄検知システムにおけるアルゴリズムについて述べる。ここでのアルゴリズムとは、センサーデータを用いて排泄検知を可能とするソフトウェア処理手順を指す。

これまでに製品化された排泄検知製品は、そのハードウェア構造によりある程度であるがアルゴリズムの処理概要を推測することが可能であり、大きく分けて以下の2種類のグループに分類が可能であると考えた。

・センサーの出力値が２値（1と0、5Vと0V、など）となるものを用いて出力値の状態を基に判断する方法

・センサーが取得する物理量（空気中のガス濃度や温度、湿度など）が決められた一定の値（閾値）に達するか否かを判断する方法

1つ目の方法では、接点スイッチや濡れセンサー（水などの液体による通電を接点とするもの）ような部品を使用していることが多く見受けられる。ハードウェアとしても単純な構造となり、アルゴリズムとしても「1」であるか「0」であるかという簡易な条件分岐のみで良いため複雑な処理の必要がない。【例えば、ある製品ではおむつ内に濡れセンサーを用いることによって排泄時（特に尿）を検知することが可能である。】しかし、対象事象が特定の２値状態で分類可能であることやそれらの状態の境界を自由に決定できない事があり、濡れセンサーなどは一度反応するとその状態を維持してしまうことなどもあるため、リセットや使い捨てによる交換など何らかの対応が必要となる事がある。また、0と1の間の0.5のようなファジィな状態を持つ対象には不向きである。【前述の例では、濡れセンサーが使い捨てとなっており、交換が必要である。】

2つ目の方法では、利用するセンサーの取得可能な値域（レンジ）内に任意で基準を設ける（複数可）ことが可能であり、その基準値に従って条件分岐が可能であるため、設計者が任意の値を対象状態の境界に設定することが可能である。【例えば、VOCなどに反応するガスセンサーと温度センサーを利用したある製品では、ある温度Tとセンサー値Cを処理し、放屁または排便（排尿）を検知することが可能である。】しかし、利用するセンサーの個体差やセンサー値を算出する際の分解能などハードウェアに依存してしまう部分や対象の状態が無数に存在することによるユニークな閾値決定の困難さなどが存在し、結果的にアルゴリズムの複雑化を起こし、処理時間の増加などの原因となる。【前述の例では、設計者が決定したTやCの閾値が対象状態の実際の境界値ではない可能性があることが挙げられる。】

**3.3.2 本研究におけるアルゴリズム構築**

本研究におけるアルゴリズムは、実際の現場へ導入することを目的としていたため、１つのアルゴリズムで多人数に対応可能である必要があった。しかし、使用するTGS2602はセンサー自身に個体差を持っており、その差は比較的大きいものであった。較正（キャリブレーション）することも考慮したが、個人の排泄臭にも大きな差が生じる知見があったため、簡易的なものでは吸収が困難であると判断し、教師データを用いた機械学習に着目した。

初期の段階で健常者による研究室データを用いた実験[松本卒論]では，ある程度安定した波形かガスセンサーから得られていたため，波形の局所的な特徴を用いていた。また教師データとなる正解は常に記録されていたため，教師付き学習を用いることが容易であった。しかし、介護施設における実際のデータに関してはセンサー波形のバリエーションが多かったため、局所的な情報の使用を断念し、大局的な特徴量を用いることとした。また、実際の介護現場ではガスセンサーの応答に対して正解を記録する作業が、非常に困難であることがわかり、教師付きのデータの取得を断念した。本アルゴリズムでは、排泄データの部分時系列データをk-means法によって教師なしで排泄検知と排泄種類判別をおこなっている。

排泄検知アルゴリズムの概要フローチャートを図？（JRMのFig.4）に示す。

本研究で採用している排泄検知アルゴリズムは，大きく分けて以下の３つである．

・前処理部

・離着床判定部

・排泄検知部

本研究では排泄検知部を2つ考え評価するものとする．ここで，その2つを排泄検知部Ⅰ，Ⅱと名付けることとし，それらを採用した排泄検知アルゴリズムを排泄検知アルゴリズムⅠ，Ⅱとする．すなわち，3つの処理のうち前処理部と離着床判定部は共通であり，排泄検知部のみが異なる．以下，詳しく説明する．

前処理部では，排泄データの移動平均をとり平滑化することを行う．

排泄によるガスセンサーの応答は，立ち上がりを見せて再度落ち着くまで約1,2時間程度を要する制限が存在するため，瞬間的な波形の特徴パターンよりは比較的長時間の特徴パターンによって十分クラスタリングできると考えた。これまで知見から50秒の移動平均が最も適しているという結果を得ているが，区切りの良さと影響の程度を考慮した上で，1分の移動平均を取ることとした．

また，本アルゴリズムはこの移動平均値を15分単位の部分時系列データに分割された一つの窓として離着床，排泄検知に使用する．この窓のことを滑走窓と本研究では呼ぶ．

離着床判定部では，利用者がベッド上に存在するかどうかを判定する．

過去において利用者が着床していない場合でも、ベッド付近の排泄臭以外に反応して通知してしまうことがあった．

そこで，離着床判定を取り入れることによって利用者が離床しているのにもかかわらず通知してしまう誤報を減らすことを目的とした．ここで正解率の高い離着床センサーを併用することは、排泄検知をより正確にすることに貢献する．しかし，開発しているハードウェアは市販を目的としており，その利用に関してのコストを最小化することは大きな要求であった．その観点から，他の離床センサーを使用することなく、現在使用しているセンサーのみで離着床が判断できれば製品としての優位性が増すと考えた．よって、本研究ではガスセンサーによる離床判定を取り入れた．

図？（JRMのFig.5）に移動平均によって平滑化した排泄データとパラマウントベッド株式会社の眠りSCANのデータを同時にプロットした例を示す．2つのデータは、それぞれのデータに記されているタイムスタンプをもとしている。ここで、眠りSCANはマットレスの下に敷くだけで睡眠状態の評価をすることができるデバイスである．眠りSCANは離着床データを出力することができるため，離着床判定部の評価に用いることができると考えた．図？（JRMのFig.5）を見てわかるように，排泄データが離着床に応じて変化していることがわかったため，排泄データのベースラインを抽出することで，ガスセンサーを用いて離着床判定を行うことができると考えた．

しかし、前述したようにTGS2602には個体差が存在し、個人の排泄臭や体臭の違いによる影響によって離着床時のベースライン値にばらつきが存在した．また，ベースラインを抽出できても排泄によるデータ変動により単純にベースラインだけで離着床を識別することは困難であった．そこで，被介護者の生活パターンに着目し，各時間帯における最頻値を統計的に抽出することで離着床判定をおこなうことを考えた．本研究では各時刻において頻出して測定されるガスセンサー値を最頻値と呼ぶ。

さらに、まるでスペクトログラムのように横軸を時間，縦軸にガスセンサー値，ヒストグラムの度数を色で表示されるように並べたものを最頻値行列と定義し、その際のフレーム幅やヒストグラムのビン幅は900[s]，50[mV]とした。この値は試行を経て算出した経験則値である。

2週間分の排泄データを用いて作成した最頻値抽出行列の例を図に示す．

各時刻において最頻値の違いが見られることから，最頻値抽出行列は被介護者の生活パターンを表していると考える．また，最頻値抽出行列は異常値を吸収できていると考えられるため，最頻値はベースラインを表している．

したがって，この最頻値の系列をk-meansでクラスタリングすることで，平常の場合の離床時と着床時のガスセンサー値のクラスタを見つけることができ，これを用いることで離着床判定可能である．

また，このとき重心が大きい値を取るクラスタを着床時のもの，重心が小さい値を取るクラスタを離床時のものとした．

ここで，重心とは各クラスタにおける平均ベクトルのことである．以下，最頻値を用いた離着床判定の手続きを以下に示す．

１．滑走窓によって部分時系列に分割された排泄データが入力される

２．窓中の値がk-meansによってあらかじめ分けたクラスタ2つのうちどちらに属しているか評価する

３．窓内の「離床」クラスタに属すると評価された値が窓の1/3以下である場合は着床，そそうでない場合は離床とする．

排泄検知アルゴリズムⅠ(以下，アルゴリズムⅠ)における排泄検知部の簡易フローチャートを図に示す．

アルゴリズムⅠは，滑走窓によって部分時系列になった排泄データに関しての値を逐一評価し、排泄を検知するアルゴリズムである．このときの評価には，離着床判定部のクラスタリングに基づいて決定される閾値を用いる．

離着床判定部では離床または着床のクラスタにクラスタリングされているが,これを異常値の判別にも利用した.

具体的には着床クラスタの重心から200[mV]以上上昇している区間が窓長の1/3を超えた場合，その滑走窓を異常値検出窓とした．

これらの値は以下のように経験値から決定されている．

数々の試行から二つのクラスタ間のセンサー出力値の差は、ほぼ400[mV]であった.

このことを用い2つのクラスタのうち着床クラスタの重心より両クラスタ間の1/2に相当する200[mV]を閾値とした．

また，窓長の1/3に関しては、各窓のどの位置からセンサー値が上昇を始めているのか，あるいは前の窓で上昇していたセンサー値がどの程度で下降していくかということを考えた場合，上昇，下降と変化なしの3状況が考えられることから1/3とした．

ちなみに，この1/3以上という条件を課すことによって放屁によるような突発的な異常値による誤検出も防げることが期待される．

すなわち，このアルゴリズムでは過去の排泄データを用いた教師なし学習によって閾値を決定することで個人に最適化させ排泄を検知する手法を用いている．

排泄検知アルゴリズムⅡ(以下，アルゴリズムⅡ)における排泄種類クラスタリング部の簡易フローチャートを図に示す．アルゴリズムⅡでは，滑走窓から特徴量を抽出し，学習済みのk-meansモデルに入力することで，この滑走窓がどのクラスタに属するかを判断し，通知するかどうかと通知する内容を決定する．ここで，アルゴリズムⅡにおけるk-meansモデルは，クラスタ数3としている．この3というパラメータ値は，クラスタが{平常，排便，排尿}の3つに分かれることを期待して設定した．

k-meansモデルに入力する特徴量ベクトルは，滑走窓内で，一つ前の値との差分値を窓とした差分窓から抽出する標準偏差，最大値，最小値，正面積，負面積の5次元ベクトルである．標準偏差は，データのブレ具合を表しており，この値が大きい場合には異常であると言える．最大値，最小値は臭いの度合いを表していると考えられる．また，ここで正面積は窓中の正の値を積算した値であり，負面積は窓中の負の値を積算した値である．正面積は，正の差分値の積算値なため原波形の増加度に対応する．逆に，負面積は原波形の減少度に対応する．便臭は，尿臭と比べて臭源が個体であるため臭いの減衰が遅く，原波形の増加度や減少度によって切り分けできると考えられるため選択した．

**3.3.3 アルゴリズムの検証**

ほぼ寝たきりの高齢者という条件の被介護者を対象に，アルゴリズムⅠおよびⅡによる通知をおこなった．

期間は5週間であり，被験者10人を対象とし実験を開始した．被験者の個人情報は控えるが，10名全て女性で年齢は70歳後半から80歳後半であった．

アルゴリズムⅠの検証では、定時おむつ交換の際の排泄内容とアルゴリズムⅠによって通知された際の排泄内容の2種類のイベントデータも同時に記録した．

ただし、1日中イベントデータを記録することは不可能であるため，被験者が着床している19時から翌朝6時までの間に限定し実施した．また，システムの通知の評価を正報，失報，誤報と以下のように定義する．

正報:システムが通知し，実際に排泄があった場合．

失報:排泄はあったもののシステムが通知することができなかった場合．

誤報:システムが通知したものの，実際には排泄がなかった場合．

また，このうち失報には，以下に示すような大きく2通りのパターンがあると考えられる．

ハードウェア的エラー：結露による水つまりなどにより排泄臭を吸引できないなどハードウェアに起因する要因で排泄データに特徴が現れない場合

ソフトウェア的エラー：排泄データは得られているがイベントを予測できなかった場合すなわち，ソフトウェア的に回避が不可能なエラーが存在するため，実験の結果の評価はあくまでアルゴリズムのものではなく，システム全体のものとしておこなう．それに対して，ハードウェア的エラーの影響には大小あることが考えられるが誤報は一貫してソフトウェア的エラーとする．収集したデータ数は802件であった。

以下に実験時の詳細な手順を記載する。

（1）18：30 プログラムの動作確認（リモート）を行なう。

（2）19：00 さわやか苑に到着後、すぐに次の事項を実施する。

①試験機器の以下の点検を行う。

1.PCや機器が動作しているか確認（問題があれば、slackで連絡すること）

2.全員のチューブの水抜き

②19：00の定時おむつ交換／被験者全員のおむつ内を確認し、以下を実施する。

1.おむつが汚れている場合／おむつ交換を実施する。

2.各被験者のおむつの当て方が、指示通りの当て方と異なっている場合／指示通りの当て方に直す。

3.おむつが汚れていない場合／おむつ内に排泄物が無いことを確認して、再びおむつを閉じる。

④作業終了後、「スタッフステーションのPCに結果を記録」する。

（3）随時おむつ交換／排泄検知センサーの通知があったら、以下を実施する。

①排泄の通知があったら、即座に被験者のおむつ内を確認する。

②排泄物があれば、おむつ交換を実施する。排泄物がなければ、再びおむつを閉じる。

③排泄物があれば、その量（重さ）を測定する（汚れたオムツ重量－きれいなオムツ重量）

④作業終了後、「スタッフステーションのPCに結果を記録」する。

（4）定時の体位交換／さわやか苑で決められたタイムスケジュールに従って、各被験者の体位交換を実施する

（5）01：00の定時おむつ交換／（3）の随時おむつ交換を一度も行なっていない被験者に対しては、下記の要領で定時おむつ交換を実施する。

注意）（2）③で行なった19：00の定時おむつ交換は、（3）の随時おむつ交換に含まれない。

注意）（3）で通知があったとしても、排泄物が無かった件は、（3）で随時おむつ交換をしたことに含まれない。

①おむつが汚れている場合／おむつ交換を実施し、排泄物の量（重さ）を測定する。

②おむつが汚れていない場合／おむつ内に排泄物が無いことを確認して、再びおむつを閉じる。

③①②ともに、作業終了後、「スタッフステーションのPCに結果を記録」する。

※定時おむつ交換実施中に、別の被験者で排泄の通知があった場合、現在行なっているおむつ交換が終了次第、排泄の通知があった被験者のおむつ内の確認（（3）の作業）を優先して行なうこと

（6）（5）が終了後、（3）（4）を継続する。

（7）05：00頃の定時おむつ交換／被験者全員に対して、定時のおむつ交換を実施する。作業の要領は（5）の①～③と同じである。

（8）05：30 試験の終了作業を実施する。

①本日の記録事項が全て「スタッフステーションのPCに結果が記録」されていることを確認し、ファイルを上書き保存した上でシャットダウンする。

②東館3Fのスタッフステーションに置いてあるタイムカードを切り、その時刻の横に自分の名前を記入する。

③さわやか苑の職員の方に、帰宅する旨を伝えてから、退館する。

※被験者の周りに設置されている排泄検知センサーやそれにつながっているPCの電源は、つけたままでOK

スタッフステーションのPCに結果を記録する内容（記録表.xlsx）

それぞれの被験者に対して、以下の事項をPCの指定のファイルに記録する

(a)排泄の通知のあった時間・・・（3）（6）の作業

(b)おむつ交換作業を開始した時間・・・（2）（3）（5）（6）（7）の作業

(c)おむつ交換作業が終了した時間・・・（2）（3）（5）（6）（7）の作業

(d)おむつ内の排泄物の状況・・・（2）（3）（5）（6）（7）の作業

①排泄物の種類／尿、便、尿＆便、なし

②排泄物の量 ／測定した排泄物の重量

③便の場合、その状態／ブリストルスケールにて選択

(e)体位交換を行なった時間・・・（4）

(f)体位交換の向き／体位交換の前の向き→後の向き・・・（4）

(g)その他、特筆事項（任意）とそれに気づいた時間

例：○○時に、「便漏れが発生し、シートが汚れた」、「機械が止まっていたのに気づいた」、「被験者が離床していた」など

※時間は、自分が持つスマホなど、電波時計の時刻で確認すること。さわやか苑の時計はずれている可能性あり

※ベッドサイドへ記録用紙を持って行き、まずはおむつ交換の作業の場で手書きで記録をとり、各作業の終了後、空いた時間でスタッフステーションのPCに結果を入力することを推奨する。

アルゴリズムⅡの検証では、

図に示すように排泄データ中に二つの隣り合ったおむつ交換(図中のイベントX 及びY)が記録されていたとする．この時おむつ交換 Y の時点での排泄報告(あり，なし) と、両おむつ交換の間に検出された結果(あり，なし)とが合致していた場合を正報，報告が排泄ありで検出がなしの場合を失報，報告がなしで検出が排泄ありであった場合を誤報とする．このとき，実験に使用する排泄データは，アルゴリズムⅠの検証で用いるデータの最終1週間とし，イベントデータはその際に記録されたものを使用する．k-meansモデルの学習は，検知実験に用いる1週間の排泄データと同じ被験者から収集した2週間分の排泄データを使用する．このとき，排泄データ取得実験の第 5 週の排泄検知結果と比較して，正報や失報の回数がどのように変化するか調査した．

**3.3.4 アルゴリズムの検証結果**

アルゴリズムⅠの検証では、10人で行った実験において，実験協力者が実験機に不慣れであったための破損及び被介護者の体調不良に起因する便漏れによるシートの汚染などのケースが重なり計4名分のデータに不備が生じた．

また、体調を崩して入院し施設からいなくなった被介護者も1名いたため，合計5名に関して実験継続が不可能となった．

したがって，アルゴリズムの検証用には残り5名のデータを用いた．

今後，被験者A,B,C,D,Eとする．表？（JRMのTable1）に5週間の排泄検知結果を示す．

ここで，排泄検知率は以下の計算式により求めた．

排泄検知率 = 正報の回数 ÷（正報，誤報，失報の回数の和）

また，表に，実験期間のうちk-meansに入力する排泄データの収集が十分できた状態でおこなった最後の2週間の離着床判定の評価結果を示す．ここで，全体判定率，着床判定率，離床判定率は以下のように求めた．また，判定結果が眠りSCANデータと一致しているものを正答としている．

全体判定率 = 正答したデータ点数 ÷ 全体のデータ点数

着床判定率 = 着床を正しく判定した点数 ÷ 実際に着床していた点数

離床判定率 = 離床を正しく判定した点数 ÷ 実際に離床していた点数

表に示したように，個人差や各週における違いが非常に大きかった．また，被験者Aに関してはハードウェア的エラーや排泄臭が極端に弱いなどの理由により波形に特徴的パターンがほとんど現れず，0%の週もあった．このようなことが排泄検知実験における実験環境のコンディションや個人に適応させていくことの難しさの1つである．一方で，被験者Bでは閾値を学習することにより6割台の検知率に上昇しており，比較的成功したケースであるといえる．

また，表に示した離着床判定の結果を見ると，全体として着床判定率は低くても60%台であり、ほとんどの場合で80%以上を超えている．そのため，生活パターンに着目した最頻値抽出行列は着床の有無判断に対して有用であると考える．一方，離床判定率は個人差が大きかった．これは離床しているのにも関わらず，着床していると判断している場合が多いということである．これは，離床時にはベッド周辺の臭いに大きく影響されてしまっていたことが考えられる．一方で，着床時にはベッドに被介護者が乗り，掛け布団などをかけるため比較的安定した値が測定されたため判定率が高いと考らえる．

したがって，離床時にベッド周辺の臭いに影響されてしまうガスセンサーだけでは、これ以上離床判定率を上げることは難しい．

よって，湿度センサーを利用するなどして情報量を増やすことで離床判定率の向上を考える．しかし，離着床判定としては十分な精度であるといえ，排泄検知部に与える影響は少ないと考えられる．

アルゴリズムⅡの検証では、実験の結果は表のようになった．

この表におけるシステム全体の排泄検知率は式によって計算されるものであり，実験において現れたすべての失報を考慮した排泄検知率であり、ハードウェアとソフトウェアを含むシステム全体の検知率である．それに対し，アルゴリズムのみの排泄検知率はアルゴリズム自体の性能を評価するため、ハードウェアが原因とみなされる状況、すなわちガスセンサー値の変動がほとんど認められない部分を除いたデータを作り、それらを用いて式によって検知率を計算したものである．

また，この計算に用いたデータはハードウェアの問題点と推測されるものを人為的に削除したデータを用いた解析であるため，単純な検出率のみ算出している．

表の第5週のカラムの結果と表のシステム全体の排泄検知率を比べると性能としてほとんど変わらない結果となった．ソフトウェア的に精度を上げることが困難であることが考えられたため，失報が起きている箇所の波形を実際にプロットし，ソフトウェア的エラーによる失報なのかハードウェア的エラーによるものなのか調査を行った．結果として、ほとんどの失報箇所において排泄データに特徴的なパターンが見られず，フラットな波形であった．したがって，チューブの水詰まりなどの要因によってセンサーが測定できていなかった可能性が考えられる．

ソフトウェア的には，窓長やクラスタ数の変更によって結果が異なるため，研究を継続によって排泄検知に適したパラメータ値を見極める必要があると考える．

さらに，特徴的なパターンが現れるものの排泄はない場合に起こる誤報を無くす事が必要である．このような誤報は，多くは放屁によるものであると考えられ、切り分けるためには，放屁とその他の排泄波形パターンそれぞれを切り分け得る特徴量を検討することやクラスタ数の変更によって対応することが必要である．

**3.3.5 製品版としてのアルゴリズムの改良**

本研究では、ガスセンサーによる離床判定を取り入れたが、製品にアルゴリズムを組込む場合、最頻値抽出行列を演算することはスペック的に困難であると言える。また、窓長やクラスタ数の変更によって結果が異なるため，排泄検知に適したパラメータ値の発見が十分ではないため、製品版では離床判定を抜いたアルゴリズムを用いることとした。

また、アルゴリズムの処理部分をハードウェア内ではなく、クラウド環境にすることにより、様々な場所や利用者の排泄データの取得が実現できると考えた。さらに、排泄をユーザに通知し、まだ十分な方法を考慮できてないないが排泄結果の情報を教師データとすることで、ビックデータとも言えるデータ郡を利用して、より精度を向上させたパラメータ値の探索が行えると考えている。

蓄積したデータを基に定期的にパラメータを更新することによって検知率は向上し、更には個々人に合わせたパラメータ値の探索なども可能であると考える。

**3.4 製品の検証実験**

これらの開発を経て、最終的に製作したのが、以下の製品である（製品写真掲載）

最終製品のシート部分には、ポリエステルの素材を使用し、チューブの着脱が可能となる形状とした。そのため洗濯機で簡単に洗うことができ、課題となっていた衛生面への問題にも対応可能となった。

またシートの間にウレタンのクッションシートを入れることにより、長時間使用しても、違和感を感じにくいものとした。

以上の開発したプロトタイプの有用性確認のため、臨床現場における検証実験を行った。

**3.4.1 実験方法**

方法としては、試作機を用いて、介護施設の被介護者５名を被験者とし、約２か月間の実験期間を設け、開始４週間は試作機を導入しない、従来の業務フローでの便漏れ発生件数の集計を行った。その後、試作機を導入し、操作方法に慣れてもらうための試用期間を経て、４週間の導入フローにおける便漏れ件数の比較と、アンケート調査から有用性を確認した。

検証実験における試作機導入後の業務フローについて記述する。

センサーが探知した排泄情報は、排泄通知としてナースステーションに通知される。介護者は、該当する被介護者のベッドサイドにおいて、排泄を確認し、排泄があった場合には、即時交換を行い、排泄がなかった場合には、直近の定時交換でのおむつ交換を行う。

**3.4.2 実験結果**

介護施設で使用されている通知機器は複数あり、また既に導入されている通知機器は、生命の危機を知らせるナースコールや、要介護者がベッドから移乗した際の転倒や、それによる負傷の危険性を知らせる離床センサーの大きく分けて２種類が導入されている。

これらの通知機器が知らせる情報は、排泄を通知する情報よりも重要度が高く、またゆえに排泄通知の優先度は低下する。また排泄センサーが随時通知をしてしまうと、通知のたびに業務を中断せざるを得ないため、介護業務全体としての作業効率が落ちることが明らかとなった。

以上の理由より、排泄介護の質を上げ、かつ業務効率を上げることは、排泄タイミングを通知するだけでは実現が難しいと考察した。これより、通知機能以外の方法で排泄介護に貢献できる機能の構想に入る。

**3.5 Webアプリの構想**

プロトタイプ開発時の検証実験の結果から、排泄の通知を行うよりも個人個人の排泄リズムを管理するニーズが強いことに着目した。

排泄を管理する方法として、排泄リズム管理表がすでに存在する。これは、日々の排泄の内容を記録するチェック表に基づき、排泄周期を把握し作成する。

しかし、一人の要介護者の排泄周期、リズムを把握するのためには１か月以上の排泄データを蓄積する必要があり、かなりの労力が必要となる。

また、チェック表に記録される内容は、介護者がオムツ交換をした時刻と内容であり、排泄そのものを行った時間ではないため、厳密な排泄時間とは言えない。そのため、排泄リズム管理表が作成された当初は問題なかったものの時間が経つにつれ、管理表上の時刻と実際のおむつ交換を行った時刻にズレが生じるケースも少なくない。排泄リズム管理表を更新していくことにも、多くの時間と労力が必要となる。

排泄リズム管理表の活用方法として、効力が認められるものの一つに排泄介護の最適化というものがある。排泄状況による介助内容には、大きく４つのパターンがある。（ここの分類は要注意）排泄のない場合は、オムツの付け直しもしくは交換、尿の場合は、ウェットティッシュなどによる簡易的なふき取り、便の場合は、お湯を使っての洗浄をする。排泄漏れが確認できた場合は、シーツや衣服の交換、洗浄が必要となってしまう。事前に、個人個人の排泄リズムが把握できれていれば、そのタイミングに合わせた業務スケジュールの計画をたてることが可能である。

このように、排泄リズム管理表の正確な作成は、要介護者の負担軽減のみならず、介護者の効率を上げることにも繋がる。

**3.5.1 Webアプリの開発**

本節ではWebアプリの構想について述べる。

本機能では、随時交換を実現するために開発された通知機能より得られた、個人ごとの排泄データを利用し、従来では更新の難しかった排泄リズム管理表（排泄パターン表とどっちにしようかな）を自動で作成、管理する。排泄パターン表は、排泄データが集まるほどに精度が高まっていくものである。

そして、作成された管理表をもとに、介護従事者は排泄介護のタイミングを簡単に知ることができ、他の業務に集中して従事することが期待されている。

本節では、webアプリの機能説明と臨床現場での効果検証について述べる。

**3.5.2 Webアプリの検証実験**

開発したWebアプリ機能の有用性を確認するため、2018年5月に検証実験を行った。

２週間、機器を導入して排泄情報を収集しそのデータをもとに、排泄リズム管理表を作成した。その後週間、自動作成された管理表の時刻にあわせて排泄介護を行い、管理表の有効性を検証した。

**3,5,3 Webアプリの検証実験方法**

webアプリにおける排泄パターン表生成機能の試験は以下のように行った。

＜H30年5月＞

期間2018/5/15~2018/6/14(途中、機器のエラーがあり、実働は18日間)

被験者数：６名

収集したデータ数、データの定義：９４件、製品が検知したもの

実験方法：

１． これまで施設が行っていた定時おむつ交換を通常通り行ってもらう。オムツ交換後に、排泄結果をベッドサイドの入力スイッチから、もしくはwebアプリから入力してもらう。

２． 機器導入から2週間後、排泄結果を元に、定時交換のタイミングの調整など含めた、排泄ケアプランの見直しをおこなう。

３． 見直し後、新たな定時交換タイミングやオムツ・パッドサイズで排泄ケアを実施

実験場所：都内介護施設

以上のように、前半の２週間で、機器を導入して排泄情報を収集し、そのデータをもとに、排泄リズム管理表を作成した。その後2週間、自動作成された管理表の時刻にあわせて排泄介護を行い、管理表の有効性を検証した。

**3.5.4 実験結果**

実験の結果として、管理表の排泄予測時刻と、実際の介護時に確認した排泄の有無の整合性は約72％と、大きな差が見られなかったことから、Webアプリの有用性を確認した。

収集するデータ量がさらに長期になることで、自動作成の精度は高まっていくことから、このアプリ開発の目的である、要介護者ひとりひとり異なる排泄周期に対応することは達成できたと考察している。

**第４章　製品の価値共有**

**4.1 製品の価値共有について**

本章では、開発者側が想定した製品の価値を、ユーザーに対し、速やかに正しく価値共有ためにおこなった、価値共有手法について述べる。

福祉用具の製品開発において、価値共有を意識的に行う必要がある理由は以下である。

1. 介護現場には複数のステークホルダーが存在する。介護サービスを受ける要介護者は、本製品を意識的に使用することはないが、本製品の効果を享受する受益者である。介護サービスを提供する介護者は、本製品を意識的に使用する使用者となる。本製品が排泄を検知した際には実際にオムツ交換や排泄記録を行い、排泄記録から算出する排泄パターン表を利活用するのも、使用者である。また本製品の購買意思決定は、主に介護施設長など経営者が行うため、経営者が実質的な購買者である。以上のように、本製品にはステークホルダーが複数人存在する。

2. ステークホルダーが複数人存在するため、本製品に対する価値は、ステークホルダーそれぞれの立場によって変わる。受益者である要介護者は、本製品によって自分自身が受ける排泄ケアやおむつ交換タイミングが適正化されるかが重要である。本製品の使用者である介護者は、本製品を使用する際の入力インターフェースの使いやすさや、データ利活用のしやすさ、また排泄物による汚染時の洗浄のしやすさなどが重要視される。もちろん介護者にとって、本製品によって要介護者に対するケアの向上が行えるか否かも重要だが、排泄ケア自体の向上は本製品単独では提供できないこと、また使用者である介護者にとっては、日々製品と接する中で、ストレスなく使用できるかは重要な点となる。

購買者である経営者は、本製品を導入することで、人件費やおむつ類などの消耗品が、どれだけ削減できるのか、もしくは本製品を導入することで、職員に対する処遇改善や顧客満足度改善がどれだけだけ行えるか、先進的な取り組みをしている事業所として対外的に宣伝できることで、人材の採用率をあげられるかなどが重要視される。

また、施設経営者は、必ずしも介護現場におけるおむつ交換経験や排泄ケア経験を有しないため、本製品が介護業務にどのような効果をもたらすのか、具体的に想像することが難しい場合がある。

そのため、施設経営者へ本製品の価値を説明する際には、経営面におけるメリットだけでなく、本製品が介護業務においてどのように利活用されるのかを、可能な限り具体的に説明する必要がある。

以上より、本製品の価値を訴求する人の立場や、介護業務に対する理解度によって、商品価値の見出し方が異なると考えている。そのため本製品においては、受益者、使用者、購買者が、互いに立場が違い、かつ介護業務への理解度か一様ではなくとも、本製品に対する価値共有を行えるよう配慮し、製品説明資料などを作成した。

次節より、本製品の価値共有をどのように行ったかを述べる。

**4.2 動画の作成**

はじめに、本製品の製品価値について整理する。

全節でも述べたように、本製品はステークホルダーが複数人存在する。また各ステークホルダーごとに訴求すべき価値が異なる。そのためステークホルダーの整理と各ステークホルダーに訴求すべき価値の整理を行った。

また、本製品が使用される介護業界の社会的背景、今後の課題およびそれに対する本製品のソリューションを整理した。それにより、本製品が使用される使用現場の具体的な状況を明確化し、訴求すべき価値を顕在化するためである。（helppadの価値整理keynoteを貼る）

製品価値整理を行う中で、製品名の変更検討や、製品の価値を訴求するタグラインを作成した。製品名は、以前は「Lifi（リフィ）」（以下Lifi）という名称だった。これは「Lifilm（リフィルム）」（以下Lifilm）という造語を短縮化したものである。Lifilmは、「Life（ライフ）」と「Film（フィルム、ここでは記録媒体の意味）」の造語であり、「人生を記録する」という意味を込めていた。しかし、本製品は広義の意味では「人生を記録する」ことに関与しているが、本製品の価値訴求する上では、ステークホルダーに対し、価値が共有しづらいのではないかとの見解が出た。そこで、製品価値をより端的に共有するために、製品名の変更をおこなった。

製品名の変更時には以下のことに留意して行った。

・製品名から、本製品の形状などがある程度想起できること

・一度見聞きすれば覚えられること（覚えられるために、あえて多少ダサくするなどもテクニカルに行う）

・世界展開を見据えて、どの言語でも発音できること

これらに留意し、20-30案の製品名を草案。そこからさらに上記留意点を考慮し、製品名を決定した。

最終的に製品名は「Helppad（ヘルプパッド）」（以下Helppad）とした。

本製品がベッド上に敷くシート型であることから、「パッド」という言葉を取り入れた。「ヘルプ」というから、介護やヘルスケア向け製品であることもある程度想起されるよう配慮した。「ヘルプ」も「パッド」も、聞き慣れた言葉であること、あえてあまりスタイリッシュなネーミングにしないことで、覚えやすいように配慮した。

次に製品コンセプトを訴求するタグラインについて述べる。

タグラインは、製品名の下などに添えられ、製品価値を一言で表現できるよう作成される。そのため、価値訴求を目的とした際に重要な役割を担う。

タグライン制作の際には、以下のことに留意して行った。

・本製品の使用シーンが想起されること。

・本製品がどのような機能を有するか想起されること。

・記憶に残るために多少の遊び心を入れること。

以上に留意しながら作成した。

タグライン候補として、20-30案を草案。そこから上記の点に留意しながら、さらにタグラインを選定および修正を加えていった。

最終的にタグラインは「おむつからの119番。」に決定した。「おむつ」という単語を使うことで、排泄関係の製品であることを想起させるようにした。「119番」という言葉を使用することで、何かしらの通知機能があることを想起させるようにした。また「おむつからの119番。」という言葉の使い方や、「。」をあえて入れるなどし、多少遊び心を持たせ、それにより本製品を見た人にとって記憶に残りやすくなるよう配慮した。

また、製品名やタグラインを作成する中で、より本製品の価値が整理され、以下の課題が顕在化した。本製品はベッドや車椅子のように、製品自体を見れば、何のために使い、どのように使用するのか理解することが困難であった。そのため、使用者である介護者が本製品をどのように使用するのか、使用した際には、どのような効果があり、現場がどのように変化するのか、施設経営はどのように改善されるのかを明示し価値共有する必要があった。

そのための説明資料として、製品の使用方法を撮影し、チュートリアルムービーを作成する、営業マン用の簡易資料を作成するなど、様々な方法を考案する中で、以下の点を考慮すべきことが明らかになった。

・本製品はB to C製品のような、広く多くの人に知っていただく製品ではない。日々介護を行っている介護職や施設経営者に向けて限定的に角度高く訴求すべきものである。

・介護業務の一動作を楽にするのではなく、業務オペレーションを最適化していく製品のため、写真や絵よりも、動きが表現できる動画が適している。

・購買者である施設経営者へのアプローチは、福祉用具代理店などの営業担当者による営業が想定される。また営業時の想定として、玄関先でわずかな時間しか与えられない状況ではなく、施設内の会議室や応接間に通され、購買者に集中して営業をかけられる状況を想定した。

これは福祉用具代理店関係者数名にインタビューした際に、「製品納品時などに、納入製品の説明をしたのち、チラシを使っての口頭説明やタブレットを使用した動画説明などが想定される」という声が挙がったためである。したがって、動画は15秒や30秒などの短時間動画ではなく、2-3分ほどかかるが詳細な説明がなされる動画を制作することとした。

上記のように比較的好状況で動画が使用されるとはいえ、できるだけテンポ良く、課題の明示とソリューションの提示、それにより現場がどのように変わる可能性があるかを伝達する必要がある。そのため実写による動画作成ではなく、表現自由度の高いアニメーションを用いた。

以上より、本製品が抱えた「製品使用シーンと製品価値把握の困難さ」を解決するため、2-3分で視聴可能なアニメーションを制作することとなった。それにより、立場の違う各ステークホルダーへの速やかな価値訴求、特に介護現場経験を必ずしも有さない施設経営者への価値共有を確実なものとすることを試みた。

**4.3 動画の効果検証**

本製品のチュートリアルムービーの効果検証手法について述べる。

前述の通り、本製品のチュートリアル動画は、介護関係者向け、特に施設経営者向けに作成された。そこで本動画を使用することで、本製品への理解度が促進されたかを調査した。

調査方法にはwebアンケートを用いた。Google社が提供するアンケート作成ツール「Google Form」を使用し作成した。

アンケート項目は選択式16項目、自由記述式が2項目とした。

アンケートでは、まず本製品の説明文章と製品の写真を見せ、その情報だけで、本製品の機能や価値がどれだけ理解できたか、価値共有できたかを調査した。

次に本製品用に作成された動画を閲覧いただき、その上で同質問を行い、理解促進度を調査した。

アンケートの拡散手段として、SNS（Facebook）を利用し、アンケート協力依頼をした。

アンケートは2018年12月23日から、2019年1月7日までの間に回答いただいたものを利用した。

**4.3.1 検証結果**

アンケート回答数は66名（2019/1/4時点）、うち介護関係者は14人（、施設経営者は9人の回答となった。

アンケート結果として、本製品の文章と製品写真のみの説明よりも、動画を閲覧した後の方が理解度が挙がったと回答している。またその理由として、「動画がわかり易かった。」、「解決したい課題が明確にわかったから。」、「患者さん、スタッフ共にストレスとなっていたことがイメージでき、その解決方法もイメージできた」、「カンや経験という世代継承が難しいノウハウを数値化できるから」、「おむつ交換が個人のエクスペリエンスではなく、データというエビデンスベース蓄積がされるから。」が上げられ、本製品の機能や価値が的確に共有できていることが明らかになった。

**第５章　今後の展望と結論**

**5.1 展望について**

本章では、本製品の今後の展望と結論について述べる。

本製品は、介護現場におけるオムツ交換業務の適正化を目的として開発された。そのために、排泄物の臭気から排泄検知するための空気吸引部や筐体の開発、排泄検知を行うための排泄検知アルゴリズム開発、排泄データを活用した排泄パターン表を生成するwebアプリの開発、各ステークホルダーへの適切な価値共有手段の構築をおこなった。これらの成果により、これまで要介護者の排泄タイミングに合わせたオムツ交換が行えていなかった施設でも、適切なタイミングでのオムツ交換が可能となる。それにより、オムツ交換業務の適正化、提供できる排泄ケアの向上が可能となり、間接的には、介護職の処遇改善、要介護者のQOL全体の向上、施設経営における顧客満足度の向上などが考えられる。

本章では、今後本製品が介護業界の中で浸透・発展していく展望を述べる。

本製品は単なる排泄検知センサーに留まることなく、本製品が蓄積する排泄データをビックデータとして解析・活用することや、介護現場における様々な情報と有機的に繋がることを将来像としている。

次節では本製品の将来像についてより具体的に述べる。

**5.1.1 ビッグデータの活用方法**

本節では、本製品が蓄積する排泄データがビックデータとして活用される際、どのような将来展望があり得るか述べる。

排泄データが大量に集まり示唆されることとして、年齢別、性別、季節別に傾向が見られる可能性がある。例えば、80代女性は1-3月において頻尿になる、70代男性は夏場になると排尿回数が増える、などが傾向として明らかになる可能性がある。このようなデータの傾向から、なぜ80代女性は1-3月において頻尿になるか、なぜ70代男性は夏場になると排尿回数が増えるか、などを思案し、その原因を突き止めていくことで、よりよい介護が可能となる可能性がある。

たとえば80代女性が冬場に頻尿になるのは、寒さによるものの可能性がある。施設内の空調は整えられている前提とすると、着衣を改善する必要があるかもしれない。70代男性が夏場になると排尿回数が増えるのは、暑さによる脱水症状を防止するため、水分補給をしっかり行っている結果の可能性がある。この場合施設の取り組みがきちんと要介護者に反映されていることがわかり、効果測定が行いづらい介護現場において、効果を実感できることとなる。

また、今後施設側として、80代女性が入所した際には着衣状況に気を配ることで要介護者のQOL向上につながり、70代男性が入所した際には、引き続き水分摂取を促すなど、ケアを提供する上でどこに注意すべきかがわかるようになる。

これまでの介護は、介護者個々人のノウハウに委ねられ、かつそのノウハウが有機的に統合されることはなかった。しかし今後は、データという一つの指標から、介護職の勘や経験値の裏付けが取れる可能性がある。

排泄検知に留まらず、蓄積されたビックデータにより、介護現場のノウハウ形式知化も、本製品の重要な将来展望像と言える。

**5.1.2 他のデバイスデータとの連動について**

前節では、本製品から取得できる排泄データが大量に蓄積され、ビックデータとしてどのような活用展望があるかを述べた。

本節では、本製品から取得できる排泄データが、他種類センサーから取得される情報や、手動入力による情報と結びついた際の可能性と展望について述べる。

一つには、摂取物と排泄物の因果関係算出があり得る。飲食物や薬などの摂取物は、尿や便などの排泄物の状態に深く関わっている。飲食物によって排泄臭は変化し、また薬によっては便の色や形状も変化することがわかっている（何か参考文献、、、）しかし摂取物と排泄物の関係性については、万人に対する一般的な研究はなされていても、個々人ごとの、それも日々の摂取物と排泄物の因果関係を把握することは現状困難である。

その大きな理由として、排泄物が排泄された時刻や排泄物の種類が、これまで自動記録されないことがあった。介護者がオムツ交換時に排泄物の有無や排泄物の種類を確認し、手動で記録しているのは、あくまで「オムツ交換時に確認された排泄物記録」であり、排泄した時刻を正確に記録したものではない。

しかし、排泄センサーを使うことで本課題は解消され、個々人ごとに日々の摂取物と排泄物の因果関係を把握できる可能性がある。例えば、成人男性が下剤aを3錠摂取した場合、製薬会社は効用に要する時間を通常5時間としている。しかしAさんの場合は、下剤aを5錠摂取しても排便開始に8時間を要する、などの個人差を考慮できるようになる。これにより、慢性的な多量摂取の見直し、投薬時間の見直しなどを図ることが可能となる。

他には、排泄物と行動記録との因果関係算出があり得る。社会問題の一つである認知症高齢者の徘徊理由には、便秘や下痢など、排泄がスムーズに行えていないことも大きな要因としてあげられる。便秘や下痢になる理由は様々だが、具体例として、要介護者自身が水分摂取を忘れてしまう、誤って下剤を大量摂取してしまうなど、認知症症状が絡んでいる場合もある。このように、摂取物、排泄物、行動はそれぞれ因果関係をもたらしていることも多い。現在、要介護者が水分摂取を忘れてしまう、誤って薬を大量摂取してしまうなどは、記録上残らない上、記録する適切な手段が現在はない。

しかし、今後排泄センサーが普及する中で、排泄情報から、なぜこのような排泄状態になっているか仮説を立て、ケアの見直しに役立てられる可能性がある。そしてこれらの情報より、因果関係の仮設を複数候補提示するような、介護者を包括的に支援するシステムを開発すれば、介護者側の知識経験が乏しくとも、摂取物の見直しなどを図り、徘徊問題などを根本的に解決する可能性がある。

現在の介護現場では、特に情報の可視化を行わず、ベテラン介護職の長年の勘と経験から最適なケアの提供を行っている。これは現在の介護現場でもっとも見られる、適切なケアの実践方法である。しかし情報の可視化を行わず、基本的な伝達手段が口頭になるため、組織内で均一なノウハウ共有を行うことは、極めて困難になる。それゆえ新人介護職にノウハウ共有が十分にされないまま、ノウハウを保有している介護現場経験の長い介護職が引退する、もしくはノウハウ共有をしても、介護職の入れ替えが激しく、やはり継承されない場合が多い。

本製品が取得する排泄センサーからはじまり様々な情報と有機的に連携することで、介護現場におけるノウハウ共有の円滑化と、それによりケア品質を保つ可能性が展望される。

**5.2 まとめ**

本研究では、センサー技術を用いた排泄検知シートの開発に着目し、福祉介護用具開発の検証を行い、その現場運用の有効性を明らかにした。本研究を通し、人口減少と急速な高齢化により、適時的確な介護が要求される現代社会において、ロボット技術をはじめとした先進技術の浸透と、要介護者の介護度合いによらず、適用範囲の広い福祉介護用具の開発を行った。それにより、介護現場での導入に耐えうる製品開発に貢献した。

序章では、適用範囲の広い福祉用具開発の必要性について、社会的背景、福祉介護用具の発展、福祉介護用具の開発手法という観点から探った。福祉介護用具が求められている理由を、社会的背景と介護業界における受け入れ態勢から明らかにした。介護保護法が施行されて以来、日本の介護保険サービスは急速に規模を拡大してきたが、今後、日本が迎える超高齢化社会における要介護高齢者のニーズが、多様化および複雑化することは明確である。人手不足が深刻な介護現場の負担軽減のため、外国人労働者の受け入れや介護ロボット技術の導入といった需要は高まっている。次に、介護ロボット技術を用いた福祉介護用具が、介護業界に浸透していない問題を、福祉介護用具の発展と福祉介護用具の開発手法から探った。

福祉介護用具の歴史は、戦争が起因しており、戦争による負傷者のための車椅子や義肢装具などの研究、開発、普及が行われてきた。近年になり、これらの福祉介護用具にAIやロボット技術をはじめとした最新技術導入が行われている。本製品においてもロボット技術の一つである、センシング技術などが採用されている。

しかしながら、世論や国の期待に反し、介護現場では他の産業に比べて、ロボット技術などの最新技術の導入が、本格的な普及に至っていないのが現状である。これは、人の手によるぬくもりあるサービスを、テクノロジーでは提供できないとする考えや、導入には前向きなものの、現場で利用できるような有用な製品がないという意見などが、介護現場では多くあることに起因していると考えられる。

またその中でも、主なマイナスイメージの原因として、製品開発を行う研究機関およびメーカーと介護現場との双方の意識のズレがあると思料した。現場のニーズを吸い上げ切れずに開発された製品を、現場が使用することで、更なるロボット技術への悪い印象が生まれ、悪循環となっている。

この点において、双方の意識のズレを解消し、現場で活用できる製品を普及させる方法を、ヒューマンファクター工学の医療用説明モデルである「P-mSHELLモデル」を用いて考察した。ここでは、。「P-mSHELLモデル」とは、患者（Patlent）、管理（management）、ソフトウェア（Software）、ハードウェア（Hardware）、環境（Environment）、同僚（Liveware）、本人（Liveware）の要素を総合的に取り入れた手法となるため、製品を取り巻く環境を相対的に考慮した開発を行うことができる。

具体的な開発方法の手順を考察した。まず調査として、患者（要介護者）、本人（介護従事者）、同僚（施設経営者）、環境（介護現場）それぞれのファクターに対して行った。次に、調査から導き出された知見をもとに、ソフトウェアおよびハードウェアの開発を行い、臨床現場での検証実験調査から改良を進めた。さらに、完成した製品と介護現場全体とを考慮した管理の提案を行った。

２章では、ロボット技術の導入が求められている介護業務の検証のため、介護現場で従事する介護職を対象に、インターネットでアンケート調査を行った。

この調査によって、多くの事業所で排泄業務に全体の約20％もの時間が費やされていると判明した。排泄業務に多くの時間が費やされている要因として、排泄のタイミングや回数には個人差があり、決められた定時での交換業務で対応しきれない点が挙げられる。同様に排泄業務に対する負担感を調査したアンケートにおいても、負担と感じている介護従事者の割合は全体の約７割にも上るという結果が明らかとなった。また、自ら介護現場に介護職として介護業務に従事することにより、アンケート調査だけでは把握しきれない細かな介護の現状を、身をもって理解した。次に、このアンケート結果から、排泄介護に関わる福祉介護用具に着目し、開発すべき福祉介護用具の指標を求めるための既存製品の調査を行った。その結果、非装着であること、便の検知が可能であること、コスト面を考慮したものであることの３点を指標とし、福祉介護用具の構想を考えた。

３章では、２章における調査結果および製品構想をもとに、ハードウェアとソフトウェアの設計、製作をし、製品の有用性について検証実験を行った。ハードウェアの開発としては、マットレス埋め込み型の開発、シリコンによるシート開発、防水シートによるシート開発、ウレタンシートの開発等という順で研究と検証を繰り返し、より介護現場における実用性の高いものを目指し開発を行った。同様に、ソフトウェアの開発もハードウェアの開発と同時並行で進めていった。排泄を検知するセンサーのアルゴリズム構築においては、若者での実験と高齢者での実験を行った。結果として、若者の排泄を検知するアルゴリズムは、高齢者に適用できないことが判明した。そこで、高齢者の排泄の特長に合わせたアルゴリズムの再構築を行った。以上の経緯を経て開発を行った製品の臨床実験を行ったところ、排泄を介護従事者に通知するシステムでは、本質的な介護の助けにはならないことが分かった。そこで、排泄データを蓄積し個人個人の排泄リズムを把握するためのWebアプリケーションの構想を考え、開発を行った。このシステムにより、排泄介護の空振りといった非効率な分野を、より精度の高い介護業務にすることができる。４章では、製品の価値共有方法について考察を行い、動画の作成を行った。

開発を行った製品の価値共有方法について、考察が必要だと感じた理由は、訴求する人の立場や、介護業務に対する理解度の有無によって、商品価値の見出し方が異なると感じたためである。そこで、各ステークホルダーごとに有効な製品価値の説明ができる動画を複数作成した。

介護従事者だけでなく、一般人にも動画についてのアンケート調査を行い、介護に関する知識の有無に関わらず、製品の価値を共有することが可能であるか検証を行ったところ、介護従事者を含めた理解率は92.6％となり、一定の効果が認められた。以上のことから、センサー技術やIoT技術の活用によって、介護業界におけるロボット技術の浸透に寄与し、ベッドに敷くだけで誰でも使えるという適用範囲の広い福祉介護用具の開発ができた。また、介護現場の負担を考慮した開発を通して、介護現場用機器開発に直接つながる研究を行ったことにより、この研究の意義を達成し、センサー技術を用いた排泄検知シートの開発を通して現場での運用に有効な福祉介護用具開発の検証を行う目的を達成した。

**注釈・引用文献・参考文献**

1. 内閣府　平成30年度版高齢社会白書　P2
2. 厚生労働省　平成30年度　公的介護保険制度の現状と今後の役割　P3