

トランスコスモス財団調査研究助成事業 報告書

2018/5/10

公立はこだて未来大学

情報アーキテクチャ学科

藤野 雄一

1 はじめに

本書は、トランスコスモス財団調査研究助成事業による助成にて実施した「**メディカル ICT ネットワークの構築と高齢者行動分析手法の研究**」に関する 2017 年度研究報告である。

2 構成

本研究報告は以下の構成にて記述する。

- 1) 背景
- 2) 高齢者行動分析手法の検討
- 3) メディカル ICT ネットワークの構築
- 4) 研究成果発表

3 研究報告

3.1 背景

本学ではミッションの一つとして地域貢献が挙げられ、特に医療分野での貢献として地域医療・遠隔医療に関わる研究成果の提供とその実践は大きなテーマの一つであり、道南地域の先進医療の牽引、高齢化社会での健康対策などにもつながる。そこで、我々はメディカル ICT の推進に取り組んでおり、その結果、未来大と他の研究機関、企業と連携したメディカル ICT 研究会を中心として未来大医療関連テーマ担当教員の連携、函館地域の病院との連携、医療現場への学生派遣による看護師業務分析、首都圏および札幌圏医療系大学・企業との意見交換などを行い、医療関連研究の基礎構築、未来大としてのメディカル ICT への取り組みが認知されてきた、と考える。

日本をとりまく環境としては、日本国内では超高齢化が進行しており、一般的に総人口の 7～14%が高齢者の場合、高齢化社会となり 14～21%では高齢社会、21%以上では超高齢社会とされている。日本は昭和 45 年度に高齢者が総人口の約 7%を超え高齢化社会になり、平成 7 年に高齢者が総人口の 14.5%を超え高齢社会に突入した。そして、今後も高齢者の総人口に対する割合は増加していくと予測されており、高齢化が進行するとされている。反対に出生率の減少の進展し、日本は少子高齢化が深刻な社会問題となり、早急にそれらの問題を解決する必要がある。特に、函館市は過疎地指定もされ、高齢化の進行がとまらない。また、高齢化に伴い認知症罹患率も高まる。認知症有症率の将来推計では、現在 15%程度の割合が 10 年後には 20%に達する、とされ、函館市も例外ではない。そこで、“医療”の範囲を広げ、ヘルスケア、高齢者支援を研究班中とし、ICT を利用した高齢者耳守り、認知症患者支援シ

システムの検討を行ってきた。

内閣府の調査によると、高齢者が増加するなかで高齢者の単独世帯も増加している。65歳以上の高齢者のいる世帯は、平成28年度で2416万世帯(48.4%)あり、そのうち高齢者の単独世帯は655万世帯であり、年々増加している。一方、高齢者が日常生活を過ごすうえで、転倒が大きな問題となっている。転倒により脳に障害が生じることや、骨折などにより、寝たきりなどの介護が必要になる場合がある。厚生労働省が行った国民生活基礎調査の結果、介護が必要になった原因として転倒が第3位以内に含まれている。特に、独居高齢者の場合、転倒をして動けなくなってしまうと、ほかの人からの発見が遅れてしまい、大きな事故になってしまう可能性が高くなる。よって、独居高齢者が転倒により動けなくなった場合、高齢者の転倒を早期に検知し、家族に転倒などの状況を家族に周知することが重要である。独居高齢者の転倒を検知する方法として「スマートフォン」や「画像」、「赤外線人感センサ」などの機器を使用したものがある。しかし、これらの機器を用いて高齢者の転倒を検知する際、「常にスマートフォンを携帯してもらう必要があるため、高齢者に対して負担が大きい」、「画像を使用することでプライバシーの問題が発生する」、「転倒検知の精度が低い」などの課題がある。これらの課題解決のために、転倒を高精度に検知でき、「見られている」といった精神的負担を軽減するシステムが必要である。本報告では、第1のテーマである“高齢者行動分析手法の検討”に関し、我々が取り組んできたビーコンによる高齢者の在宅での転倒検知と特殊詐欺防止手法に関して述べる。

次に第2のテーマとして“メディカルICTネットワークの構築”に関する研究について述べる。日本は高度医療技術先進国である。報告者は前職から20年弱、東京女子医大(以下女子医大)と共同でネットワークベースの医療技術の開発に取り組んできた。手術の術後5年生存率の向上と術後合併症の減少を目指して、東京女子医科大学(以下女子医大)では手術室の環境や機器を高度化したIOR(Intelligent Operating Room)と、術中の状況を瞬時に判断可能のように術中情報を

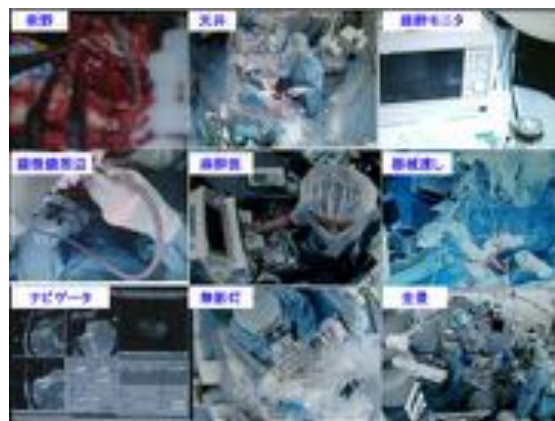


図1 共有する各種手術映像情報

統合し、確認が可能な手術戦略デスクを提案している。IORでは、術中に開頭時に脳自身の重みにより変形してしまい、術前に撮像したMRIで確認できた腫瘍位置が異なってしまう現象を補間するため、オープンMRIを常備し、術中に開頭状態でMRI撮像が可能な手術室である。開頭時には、術前にMRIなどにより得られた腫瘍の画像情報を手術ナビゲーションシステムにより術者に提示することにより、手術支援を行う。また、各種医療情報はカメラなどで映像情報とし、一元的に確認できる環境である。手術戦略デスクでは、手術現場の各種情報が図1に示すように複数のモニタ上で共有でき、経験豊富な医師が手術現場から離れた場所から指示することが可能としている。これらの環境は上記目的を達成させる方法の

一つとなっている。我々は女子医大内で共有できる映像情報や各種バイタル情報をすべて、どこからでも共有可能とするシステムを女子医大と共同で検討している。

以上のような背景に基づき、本報告では以下に示す3つのテーマに関して述べる。

- 1) 高齢者行動分析, 認知症患者支援手法の一つとしてトランスコスモス社と連携した“独居高齢者の宅内での転倒検知法”と“特殊詐欺防止機能”の検討
- 2) 未来大と女子医大を日本のテストベッドである JGN にて接続し, SDN 技術を用いた脳腫瘍外科手術における情報共有システムの検討

3.2 高齢者行動分析手法の検討

上述したように超高齢化社会となっている日本において独居の高齢者が増大している現状がある。独居高齢者の危険性の一つとして宅内での転倒事故が多いことが報告されている。そこで、我々は高齢者行動分析手法の一つとして、独居高齢者の転倒を検知することが重要と考え、トランスコスモス社と共同で実施しているビーコンを用いたサービス検討の一環としてビーコンによる宅内高齢者の転倒検知手法を検討した。ビーコンは iBeacon を、受信機側 ESPr を用い、両デバイス間を妨げるように高齢者が歩いたり、転倒したりすると BLE の電波強度(RSSI: Received Signal Strength Indicator) が変化する。その状況を把握することにより、宅内にいる高齢者が廊下を歩く、転倒する、という状況を把握、分析可能となる。

図2にビーコンと受信機の配置例を示す。それぞれのデバイスを対に配置し、その場所での上記状況を把握する。なお、1個のビーコンに対し複数個の受信機で分析することも可能であるが、処理が複雑となることから、今回は1対での実験を行った。実験は廊下を想定した70cmの間
上記ビーコン、受信機を配置し。その間を歩く、転倒するとの指示を行った被験者にて行った。歩く、転倒、その他(なにも変化無し)の三つの状態判定は実験により閾値法にて行った。本実験の詳細は別紙1に示す文献を参照されたい。

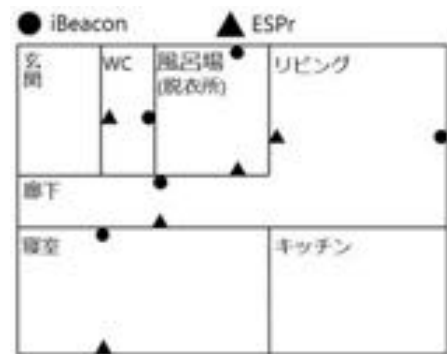


図2 ビーコンの配置例

また、近年、高齢者に対して振り込み詐欺や特殊詐欺による被害が増大しており、その対策が望まれている。我々はトランスコスモス社と連携し、ビーコンを用いた地域貢献サービスを検討してきた。そこで、ビーコンをATMの前に設置し、スマートフォンを所持し、電話をかけながら近づいてくる高齢者を特殊詐欺に関係している可能性がある、と判断し、そのスマートフォンに“危険”を知らせ、かつ、高齢者の家族にメールで知らせる機能の検討を行った。詳細は別紙2を参照されたい。

3.3 メディカルICTネットワークの構築

上述したように IOR などの先進手術環境が整備され、術後の5年生存率の向上、術後合併症の減少が図られており、広島大学、信州大学など他の高度医療機関が注目している。こ

これらの医療機関が IOR と手術戦略デスクの導入を検討する際、その運用、各種情報の活用など、女子医大からの助言などが必須である。また、手術室情報の共有は脳腫瘍手術の発展にも欠かせない。また、未来予測手術を実現するためには、多数の手術状況情報、患者情報、予後情報、確定診断情報などが必要であり、今後、SCOT の環境を実現予定の機関と連携して、その情報を共有することが必要である。我々は、未来予測手術を実現させるための環境として、各地域に設置された SCOT を安心、安全なネットワークで接続し、各地域から得られた手術情報を蓄積、解析し、将来的にはリアルタイムで術中に伝達する、“SDN を用いた術中情報共有システムを提案している 5]。個人情報である医療情報をネットワークで転送するにはセキュリティの確保が欠かせない。また、図 1 に示すような各種医療画像、情報を転送する際には情報の種類に応じた安定した QoS が必要である。さらに、複数の医療機関を接続する際、常時、専用線にて接続すると膨大なコストがかかるため、オンデマンドで必要な時に必要な帯域のクローズドネットワークを構成できることが望ましい。このような条件を満たすネットワークとして我々は SDN の採用を検討した。詳細は別紙 3 資料を参照されたい。

3.4 研究成果発表

本報告および我々の関連研究に関する対外的成果発表は以下の通りである。

- 1) 向井壱馬、佐藤生馬、藤野雄一，“BLE ビーコンを用いた独居高齢者における屋内での転倒検知”，第 27 回ライフサポート学会フロンティア講演会，G13-3,2018 2018.3 (別紙 1)
- 2) 九十佑亮、佐藤生馬、藤野雄一、松本修一，“高齢者のテレビ視聴中に脳を活性化させるシステムの開発”，平成 29 年度 IEICE 北海道支部学生会 インターネットシンポジウム，2018.2
- 3) 大西将也、佐藤生馬、藤野雄一，“BLE ビーコンを用いた高齢者特殊詐欺防止機能の検討”，信学技報 IEICE LOIS2017-80 (2018-03) (別紙 2)
- 4) 藤野雄一、佐藤生馬，“SDN を用いた先進脳外科手術環境と診断支援環境の構築ならびに最近の研究状況”，ITRC Meet42，2017.11
- 5) 藤野雄一、佐藤生馬，“産官学協働による先進ディカル ICT の推進”，平成 29 年度 電気・情報関係学会北海道支部連合大会企画セッション，2017.9
- 6) 藤野雄一、佐藤生馬、永井智大、伊関洋、村垣善浩、正宗賢，“SDN を用いた先進脳外科手術環境と診断支援環境の構築”，ADVNET2017, 2017.10 (別紙 3)
- 7) 藤野雄一、佐藤生馬、伊関洋、村垣善浩、正宗賢，“高速ネットワークの医療応用”，IPv6 Summit in Sapporo 2018, 2018.3

4 最後に

本報告書では高齢者支援として宅内での転倒検知と、先進医療技術とネットワークをベースにした脳外科手術環境/診断支援環境に関して述べた。超高齢化社会に直面している日本は高度な IT、IoT 技術により課題を克服し、他の国々にその成果をアピールしなければならない。我々はアカデミアの立場から

先進医療、ヘルスケア技術の提案と検証を行っており、実証結果から企業への導入を目指しているが、リソース不足などよりいくつかの課題が生じている。よって、貴財団による調査研究事業は非常にありがたいものであり、その結果、上述したような成果へ結びついている、と考えている。ここで、感謝の意を表し、今後の支援もお願いしたい次第である。

5 添付文書（別紙1, 2, 3）

BLE ビーコンを用いた独居高齢者における屋内での転倒検知 Fall Detection for Elderly Person Living Alone using BLE Beacons in the House

○向井 壱馬¹, 佐藤 生馬¹, 藤野 雄一¹

1. 公立はこだて未来大学 システム情報科学部

○Kazuma. Mukai¹, Ikuma. Sato¹, Yuichi. Fujino¹

1. Faculty of Systems Information Science Engineering, Future University Hakodate

1. 背景

現在, 日本は高齢化が進んでいる。内閣府の調査によると, 平成 28 年度で, 総人口の 1 億 2,693 万人のうち, 65 歳以上の高齢者人口は 3,459 万人(27.3%)となっている。高齢者が増加するなかで, 高齢者の単独世帯も増加している。65 歳以上の高齢者のいる世帯は, 平成 28 年度で 2416 万世帯(48.4%)あり, そのうち高齢者の単独世帯は 655 万世帯であり, 年々増加している。一方, 高齢者が日常生活を過ごすうえで, 転倒が大きな問題となっている。転倒により脳に障害が生じることや, 骨折などにより, 寝たきりなどの介護が必要になる場合がある。厚生労働省が行った国民生活基礎調査の結果, 介護が必要になった原因として転倒が第 3 位以内に含まれている。特に, 独居高齢者の場合, 転倒をして動けなくなってしまうと, ほかに人からの発見が遅れてしまい, 大きな事故になってしまう可能性が高くなる。よって, 独居高齢者が転倒により動けなくなった場合, 高齢者の転倒を早期に検知し, 家族に転倒などの状況を家族に周知することが重要である。

2. 提案および目的

独居高齢者の転倒を検知する方法として「スマートフォン」や「画像」, 「赤外線人感センサ」などの機器を使用したものがある。^{1~3)}しかし, これらの機器を用いて高齢者の転倒を検知する際, 「常にスマートフォンを携帯してもらう必要があるため, 高齢者に対して負担が大きい」「画像を使用することでプライバシーの問題が発生する」「転倒検知の精度が低い」などの課題がある。これらの課題解決のために, 転倒を高精度に検知でき, 「見られている」といった精神的負担を軽減するシステムが必要であると考えた。

本研究では, 独居高齢者がデバイスを持つ必要がなく, さらに画像を使用せずに転倒を検知することができるセンサ機器を用いた高精度な転倒検知アルゴリズムを提案する。本研究の目的は, センサ機器で取得したデータを用いて転倒検知アルゴリズムを構築し, 精度評価を行うことである。

3. システム概要

本研究では, 独居高齢者の転倒を取得するためのセンサ機器として BLE ビーコンを用いる。BLE ビーコンとは, Bluetooth4.0 が搭載されているビーコンであり, ID 情報を所持しているため個体識別が可能であるといった特徴を有している。さらに, BLE ビーコンはほこりなどの汚れに対しての強さ, ホッピング通信による複数台設置した際の干渉にくさ, 縦横 10cm 程度と小型な機器であるため高齢者の転倒を検知する場所に対して設置しやすいといった利点もある。本研究では, BLE ビーコンとして iBeacon の「BVMCN1101AA」, iBeacon の電波を取得するための BLE 機器として「ESPr®Developer32(以下 ESPr)」を使用した。Bluetooth 電波は水分に吸収されやすい性質を持つため, 転倒してしまった場合, 人体の水分によって RSSI 値が通常時よりも低下すると考えられる。この RSSI 値の変化度合いから独居高齢者の転倒を検知する。

具体的には, 独居高齢者の家の廊下に向かい合うように設

置した iBeacon と ESPr1 台ずつを用いてデータの取得を行う。データ取得方法としては, 独居高齢者の状態を判別するクラスとして「歩行」「転倒」の 2 クラスを定義し, iBeacon が発信している Bluetooth 電波の電波強度(RSSI)を ESPr が取得し, 転倒, 歩行を検知する。

予備実験を行って収集したデータから, 閾値法を用いて 2 クラスを判別する。2 クラスを判別するアルゴリズムとしては, 一定時間読み込んだデータの RSSI 値の最大・最小値の差が -7dBm を超えると「歩行」, 一定時間読み込んだ全データの RSSI 値が -85dBm 以下だと「転倒」と判断する。

4. 評価実験と結果

構築したアルゴリズムの精度を確認するために評価実験を行った。本実験は, 被験者 8 名に対して「歩行」「転倒」を複数回ずつ行わせることで実験データを収集する。その実験データに構築したアルゴリズムを適用させ, 「歩行」「転倒」それぞれのくらの正答率が得られるのかを確認した。取得した「歩行」「転倒」データを以下に示す(Fig. 1, 2)。結果として, 歩行 64.4%, 転倒 98.1%の確率で判別することができた。



Fig. 1 歩行データ



Fig. 2 転倒データ

5. 結語

本研究では, BLE ビーコンを用いて, RSSI 値から「歩行」「転倒」を閾値法で判別し, 評価実験を行った。その結果, 「転倒」に関しては 98.1%と高精度に検知することができた。今後は, 「転倒」クラス以外の精度の向上, 廊下以外の検知場所の追加などを検討していく。

参考文献

- 1) 猪股史也, 諏訪敬介, スマートフォンを利用した転倒検知率向上に関する研究. 東京女子大学横浜キャンパス情報メディアジャーナル, 2015, Vol. 4, No. 16, p.17-24.
- 2) 土井元紀, 井上博司, 青木優太郎, 大城理, 人物追跡と転倒検知による独居高齢者遠隔見守りシステム. 2008, Vol. 8, No. 126, p. 457-463.
- 3) 磯谷有毅, サポートベクターマシンによる独居高齢者向け危険行動検出法, 平成 24 年度公立はこだて未来大学卒業論文, 2012.

BLE ビーコンを用いた高齢者特殊詐欺防止機能の検討

大西 将也[†] 佐藤 生馬[†] 藤野 雄一[†]

[†] 公立はこだて未来大学 〒041-8655 北海道函館市亀田中野町 116-2

E-mail: [†] {b1014088, ikuma-is, fujino}@fun.ac.jp

あらまし 2016 年には、特殊詐欺の認知件数が 14,151 件と過去最高を記録した。そのうち、78%が高齢者の被害件数であり、高齢者の特殊詐欺被害の防止が課題に挙げられる。特殊詐欺にあった高齢者の入金方法として、ATM を利用した支払いやコンビニなどでのレジでの支払いが多く行われているが、一人でできる ATM での支払いに着目し、被害の防止を検討する。そこで本研究では、BLE ビーコンから受信する電波強度(RSSI)とスマートフォンに搭載されている各種センサを用いた高齢者見守りシステムの一つとして、特殊詐欺防止機能の検討を目的とする。高齢者への特殊詐欺防止機能として、バイブレーションによる異常の通知、スマートフォンの画面による危険通知、高齢者の家族へのメール送信といった機能を実装した。評価実験の結果として、スマートフォンを利用した特殊詐欺防止機能は有用であるという結果が得られた。

キーワード BLE ビーコン, 高齢者, 特殊詐欺, スマートフォン

Preventing Function from Billing Fraud for Elderly People using BLE Beacons and Smartphone

Masaya OHNISHI[†] Ikuma SATO[†] and Yuichi FUJINO[†]

[†] Future University Hakodate 116-2 Kamedanakano-cho, Hakodate-shi, Hokkaido, 041-0841 Japan

E-mail: [†] {b1014088, ikuma-is, fujino}@fun.ac.jp

Abstract In 2016, the number of billing frauds was 14,151, a record high, in which the victims of elderly people occupied 78%. Prevention of billing fraud for elderly people is important issue. The methods of paying money for elderly people who have suffered a billing fraud, are using an ATM, a cash register of a convenience store. We pay attention to an ATM payment that can be done by one person, and consider the prevention methods from the fraud damage. The purpose of this study is to develop the preventing function from billing fraud using the BLE beacons and some sensors of their smartphones. As a preventing function from billing fraud for the elderly people in front of the ATM machine using their smartphone, we have implemented notification of abnormality by vibrations, showing the “Text” notification, and sending a mail to their family members. As a result of the experiment, preventing function from billing fraud by using smartphone is confirmed.

Keywords BLE Beacon, Elderly People, Billing Fraud, Smartphone

1. 背景

1.1. 高齢者の事故・被害について

日本の高齢者人口は年々増加し続けており、将来的にも増加傾向にあると推測されている。日本は平成 27 年度に高齢者の人数が過去最高の約 3386 万人を記録し、総人口に対して約 26%を占めている[1]。

高齢者の増加にともない、高齢者の事故・被害件数も増加している。増加している事故・被害としては、徘徊による行方不明や特殊詐欺などが存在する。

高齢者の行方不明者数は年々増加している。2012 年には行方不明者数が 20,370 人であったが、2016 年には 25,649 人に増加している[2]。行方不明になった原因としては、認知症による徘徊などが原因とされている。

一方、高齢者の被害の顕著な例として特殊詐欺の被害があり、この件数も増加傾向にある。特殊詐欺とは、

オレオレ詐欺や還付金詐欺といった詐欺の総称のことである。特殊詐欺の認知件数は 2010 年から増加し続けている[3]。2016 年には、過去最高の 14,151 件が認知件数として挙げられている。2016 年の認知件数のうち、約 8 割が 65 歳以上の高齢者の認知件数であるとされている。このことから、高齢者の特殊詐欺被害の対策が必要であると考えられる。図 1 に実際に犯行が行われた特殊詐欺形態別認知件数のグラフを示す。2015 年と比較して、2016 年には ATM などを利用する振込型の件数が増加し、最大の割合を占めている[3]。このことから、振込型の被害の防止が必要であると考えられる。振込型の支払い方法には、「ATM での支払い」、「コンビニなどでのレジでの支払い」といった方法が存在する。上記のうち、「ATM での支払い」は被害者一人で支払うことが可能なため、被害が発覚する機会が少な

い。現状銀行などでは、「ATM での支払い」での特殊詐欺防止のため、積極的な声かけを行うことを対策として行っている。

「ATM での支払い」方法として、「通話をしながら電話相手の指示に従った支払い」と「事前に用意したメモに従った支払い」といった支払い方法が多い、と報告されている。「通話をしながら電話相手の指示に従った支払い」とは、詐欺相手と通話しながら ATM の前に立ち、相手の指示の通りに ATM を操作し振り込みを行う方法である。「事前に用意したメモに従った支払い」とは、相手から口座番号や暗証番号といった振り込みに必要な情報を事前にメモなどに用意し、そのメモを参照して振り込みを行う方法である。

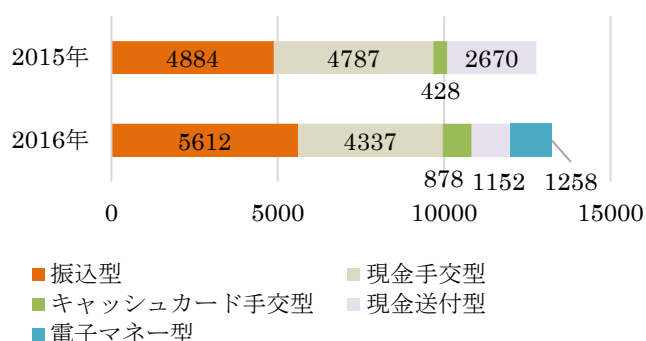


図1 形態別特殊詐欺認知件数

1.2. 既存の高齢者見守りシステム

1.1 節で述べた高齢者の被害・事故を対象とした見守りシステムの提供が行われている。高齢者の徘徊などによる行方不明には、GPS 端末を利用した高齢者トラッキングサービスなどが提供されている[4]。しかし、高齢者の位置情報や経路情報を把握することはできるが、高齢者が現在どのような状態にあるのかを把握することは困難なシステムとなっている。近年増加傾向にある高齢者を狙った特殊詐欺などの防止のためには、高齢者の状態や行動の内容を把握することができる見守りシステムが必要であると考えられる。

特殊詐欺の被害対策としては、ATM を利用した特殊詐欺防止システムが提案されている[5]。このシステムでは、利用者が携帯電話で通話している状態で ATM に接近すると、ATM に設置されている携帯電話電波検知装置が電波を検知する。電波の検知から通話していると判断されると、利用者が取引を行っている ATM の操作画面に特殊詐欺の警告画面が表示される。警告画面を表示させた後に、利用者の ATM での取引を中断・終了させることで被害の防止を図っている。しかし、ATM 自体に機能を搭載する必要があるため、機能を搭載した ATM を用意することが難しく、展開が難しい

といった問題が存在する。

1.3. 提案

1.2 節で述べた問題を解決するために、高齢者の位置情報だけではなく、その場所での行動の内容を把握することができる見守りシステムを検討する。今回は、近年認知件数が増加している特殊詐欺に着目し、被害の防止機能を検討する。特殊詐欺の中で認知件数が増加している「振込型」のうち、被害者一人で行うことが可能な「ATM での支払い」に着目する。「ATM での支払い」時に、「通話をしながら電話相手の指示に従った支払い」では、電話を利用しながら支払いを行っていることから、スマートフォンを利用した特殊詐欺防止機能を提案する。

2. 目的

本研究では、ATM 前での振り込み動作を把握し、特殊詐欺の防止に資する機能の開発を行う。そして、開発した特殊詐欺防止機能の有用性に関し評価する。

3. 特殊詐欺防止機能

本研究で開発する特殊詐欺防止機能は、多機能であり、今後増大すると想定されている団塊世代の高齢者にも慣れ親しんでいると考えるスマートフォンを使用する。スマートフォンに搭載されている無線通信機能を用いて特殊詐欺の被害を防止する機能を開発する。特殊詐欺にあっているという判定方法は、「通話をしながら電話相手の指示に従った支払い」を検出するために、通話状態で ATM に接近している状況を特殊詐欺の危険性がある状態とする。「通話をしながら電話相手の指示に従った支払い」を検出する理由は 3.2 節で述べる。

3.1. 人の接近を検知する手法の検討

高齢者が ATM に接近していることを検知する必要があるため、人の接近を検知する手法の検討を行った。特殊詐欺の危険性を一日中監視する必要があるため、長時間の利用が可能な手法が必要である。さらに、開発する特殊詐欺防止機能は、通話状態で ATM に接近している状況を特殊詐欺の危険性があると判定するため、スマートフォンの通話状態を把握することが必要である。そのため、スマートフォンとの通信が可能な、電波を利用した手法を中心に選定を行った。選定の結果、スマートフォンとの通信が可能で、人の接近が検知できる手法として、「Bluetooth」、「Wi-Fi」、「赤外線」、「Zigbee」の四つが候補に挙がりそれぞれ比較を行った。比較を行った結果を表 1 に示す。

Wi-Fi は、使用するためのルータを設置する場所が限定的であり、設置場所によっては ATM 前での高齢者の位置推定に十分な精度が得ることができない可能

性があると考えられる。ポケット Wi-Fi を使うことで設置場所の選択性は広がるが、消費電力が多いため、長時間の使用は困難であるといった問題がある。

赤外線は、指向性が高い電波(光)のため、スマートフォンと通信するためにはスマートフォンの赤外線ポートを赤外線センサに向ける動作が必要である。今回は、通話中のスマートフォンに特殊詐欺の危険を通知するため、赤外線ポートをセンサに向けることは困難であるとする。さらに、高齢者が特殊詐欺の危険に気付いていないことを想定しているため、自発的に赤外線ポートをセンサに向けることはない。

表 1 各手法の比較結果

	Bluetooth	Wi-Fi	赤外線	Zigbee
個体識別	○	○	○	○
長時間の設置	○	△	△	△ 連続使用 が困難
設置場所の選択性	○ ビーコン	○ ポケット Wi-Fi	○	○
スマートフォンとの通信	○	○	△	△

Zigbee は、ボタン電池などで長時間の使用が可能である。しかし、Zigbee を長時間使用するためには、普段はスリープ状態で待機させておき、データを送るときだけ短時間起動させ、データの送信後にはスリープ状態に戻るという条件下で使用する必要がある。さらに、スリープ状態であるデバイスを相手のデバイスから起動することは不可能なため、一日中の利用は困難である。

Bluetooth は、BLE ビーコンという Bluetooth 電波を発信する機器を使用することで上述した問題を解決することができる。BLE ビーコンとは、Bluetooth4.0(BLE)を搭載しており、ボタン電池などで 1 年間程度動作させることができる。BLE ビーコンは一個当たり約数千円と安価である点も特徴である。BLE ビーコンとスマートフォンの距離を算出するためには、BLE ビーコンからスマートフォンが受信した電波の電波強度(RSSI)から算出する必要がある。

以上より、「Bluetooth」、「Wi-Fi」、「赤外線」、「Zigbee」の比較の結果、Bluetooth 電波を利用している BLE ビーコンを利用することに決定した。

3.2. 特殊詐欺の検出方法

ATM での支払い方法として、1.1 節で述べた以下の二つの方法があると考えられる。

- ① 通話をしながら電話相手の指示に従った支払い
- ② 事前に用意したメモに従った支払い

①の支払い方法では、通話をしている状態で ATM に接近しているという状況を想定している。そのため、高齢者が通話をしているという状態と、ATM に接近しているという状態を取得する必要がある。

②の支払い方法では、通話をしておらず、紙やスマートフォンに記録したメモを見ながら ATM に接近している状況を想定している。この方法では、メモを参照して慣れていない口座へ支払いを行っているため、通常の支払いと比較して ATM での取引に時間がかかってしまう可能性が考えられる。この状況を特殊詐欺として検出するためには、ATM に接近している状態が長時間続いている状態を取得する必要がある。しかし、メモを参照した支払いは、通常の支払いの際にも口座番号や暗証番号を確認する際に使用することもあり、特殊詐欺の際に行われる支払い方法の一つとして今回の検討方法からは除外した。

以上の理由から、今回は通話をしながら ATM に接近している状態を特殊詐欺の可能性のある状態を想定する。

3.3. 機能構成

機能構成を図 2 に示す。開発は Android Studio を用いて行った。現在の特殊詐欺防止機能は、高齢者への危険通知機能と、高齢者の家族への危険通知機能の二つから構成されている。高齢者への危険通知機能では、スマートフォンのバイブレーションや画面を利用し高齢者に危険の通知を行う。高齢者の家族への危険通知機能では、高齢者が詐欺にあっている危険性があることをメール送信により通知する。高齢者が通話中で BLE ビーコンが設置された ATM に接近すると、特殊詐欺の危険があると検知し、高齢者への危険通知と高齢者の家族への危険通知を同時に行う。各機能の詳細を以下で述べる。



図 2 機能構成図

3.4. 高齢者への危険通知機能

通話状態であり、スマートフォンが BLE ビーコンから受け取った RSSI 値から ATM に接近していることをスマートフォンが検知すると、最初にバイブレーションを作動させ、高齢者に異常を伝える。このとき、バイブレーションはメールの着信などがあつたときのよ

うなパターンのバイブレーションではなく、常時作動させ続けることで高齢者に効果的に異常を伝えることを想定している。

高齢者が異常に気付くスマートフォンから顔を離れたとき、スマートフォンに搭載されている近接センサが高齢者の顔がスマートフォンの画面から離れたことを検知し、スマートフォンの画面を表示する。近接センサは多くのスマートフォンに搭載されており、赤外線を利用して画面への物体の接近を検知している。接近、非接近それぞれの状態に対し数値を設定することで、その数値を参考にしてスマートフォンの挙動を変更させることが可能である。通話の際には、頬の接触による誤作動を防ぐために画面が非表示になるよう設定されている。スマートフォンの画面から顔を離すと、操作を行うために再び画面が表示されるよう設定されている。

スマートフォンの画面が表示されたとき、スマートフォンの画面には特殊詐欺の危険性があることを表示し、高齢者に現在特殊詐欺にあっている可能性があることを通知する。表示する危険通知画面を図3に示す。詐欺にあっている可能性を分かりやすく伝えるため、大きい赤色の文字のみで表示している。



図3 特殊詐欺の危険通知画面

3.5. 高齢者の家族への危険通知機能

高齢者への特殊詐欺の危険通知に高齢者が気づくことができず、高齢者が特殊詐欺の被害にあってしまう可能性も想定される。そのため、高齢者の家族から特殊詐欺の被害を防止してもらうことを目的とし、高齢者が現在特殊詐欺の被害にあっていることを高齢者の家族にメールを利用して通知する。メールの送信は、高齢者への危険通知機能が作動したタイミングと同時に行う。

各スマートフォンに初期状態からインストールさ

れているメールアプリは端末ごとに挙動が異なるため、Google からリリースされている Gmail を利用して高齢者の家族にメール送信を行う。Gmail を利用したメール送信を行うためには、Gmail のアカウントとパスワードを設定する必要がある。今回は、事前に家族のものと想定しているアカウントとパスワードをアプリケーション側に設定した。

メール送信機能の実装には、JavaMail API を利用した。JavaMail API は、電子メッセージのやり取りや、作成、送信などの一般的な電子メールの機能を提供するパッケージである。JAF(JavaBeans Activation Framework)が入っているため、MIME(Multipurpose Internet Mail Extensions)、URL、添付ファイルなど、プレーンテキスト以外の電子メールコンテンツを扱うことが可能である。

4. 評価実験

4.1. 実験目的

開発したスマートフォンを利用した特殊詐欺防止機能が、詐欺被害の防止に対して有用性があるか評価を行った。

4.2. 実験内容

被験者は、大学生9名に対し実験を行った。図4に実験風景を示す。今回は、ATM 前の状況を作成することは困難だったため、机の上に BLE ビーコンを設置し、その場所を ATM の前だと被験者に想定していただき実験を行った。



図4 評価実験風景

今回設置した BLE ビーコンが、ATM 前に設置された BLE ビーコンだと認識するための UUID は、事前に実験用アプリケーションに BLE ビーコンの UUID を設定することで、ATM 前の BLE ビーコンだと認識するよう設計した。

本実験では、特殊詐欺を仕掛けてきた相手と通話を行う状況として、以下の二つがあると想定した。

- ① ATM の近くで特殊詐欺を仕掛けてきた相手から高齢者に対して着信があり、その着信に応じて相手と通話状態になり、通話状態のまま相手の指示に従った振り込みを行う状況

- ② ATM に着いたら電話をかけるよう特殊詐欺を仕掛けてきた相手から高齢者に指示があり、高齢者が ATM の前に着いたとき詐欺を仕掛けてきた相手に電話をかけ、相手の指示を聞き、振り込みを行う状況

以上の二つの状況を想定して実験を行い、特殊詐欺防止機能の動作を確認した。

表 2 の質問に回答していただいた。質問は、質問番号 1～7 までは、「5:とてもそう思う」、「4:そう思う」、「3:どちらでもない」、「2:そう思わない」、「1:全くそう思わない」の 5 段階評価とし、質問番号 8 は自由記述回答とした。

表 2 質問項目

質問番号	質問項目
1	バイブレーションによる特殊詐欺の通知は分かりやすかったですか
2	画面での危険表示に気づきましたか
3	画面での危険表示の文字は見やすかったですか
4	画面での危険表示は効果的だと思いましたか
5	家族へのメール送信は特殊詐欺防止に効果的だと感じましたか
6	スマートフォンを利用した特殊詐欺防止機能は効果的だと感じましたか
7	あなたが両親と離れて暮らしていたとしてこのアプリを使用したいと思いましたか

4.3. 実験結果

実験後のアンケートの各質問における「全くそう思わない」から「とてもそう思う」を、それぞれ 1～5 点として評価した。各質問の平均点と標準偏差を図 5 に示す。また、アンケートの質問 8 の自由記述欄に記入された主な意見を表 3 に示す。

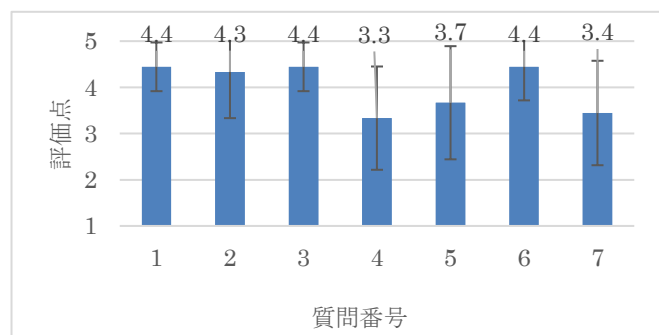


図 5 平均点と標準偏差

表 3 本機能への意見

質問番号	自由記述
8	家族に送る危険通知のメールの文章自体が詐欺っぽいので改善したほうが良いのではないか
	バイブレーションや家族へのメール送信による詐欺の危険通知は効果的だった
	他に危険を通知する方法はなかったのか(スマートフォンから何か音を出して通知するなど)
	感知した電話番号を記録したほうが今後の対策にもなるのではないか
	高齢者は通話中に携帯から目を離さないと思うので画面での通知は良いと思わなかった
	こちらから発信したときの画面での危険通知が遅いと感じた

5. 考察

主観評価実験によって、本機能のバイブレーションと画面への危険表示、家族へのメール送信による危険通知が特殊詐欺の被害防止に有用であることを評価した。

バイブレーションによる特殊詐欺の危険通知に関しては、異常に気付きやすく効果的だったという意見が得られ、高評価を得ることができた。質問 1 の標準偏差が小さい結果となったため、個人差が少なく高評価が多かったと考えられる。評価が高くなった理由としては、メールの着信があった時のような一定のパターンで起きるバイブレーションではなく、特殊詐欺の危険性があると判断したときは、バイブレーションを常時作動させ続けていたため異常に気付きやすかったと考えられる。

スマートフォンの画面での危険表示についての評価は、質問 2 の「画面表示に気づいたか」、質問 3 の「画面の文字表示は見やすかったか」に対しては高評価を得ることができた。しかし、質問 4 の「画面での危険表示の通知は効果的だったか」に対しては、高い評価を得ることができなかった。これは、実験①の「相手からの着信に応じる状況」では画面表示がすぐに行われていたが、実験②の「被験者側から電話をかける状況」では画面表示に時間がかかってしまったことが原因の一つだと考えられる。画面への危険表示に時間がかかってしまった理由として、発信時と着信時では通話状態の処理が異なる可能性が考えられる。そのため、高齢者側からの発信時に作動する画面表示の設計を見直す必要があると考えられる。他の評価としては、高齢者は通話中に長いバイブレーションが起きたとして

も、画面を見ることがないのではないかといった意見が得られた。

質問 5 の「家族へのメール送信は効果的だったか」については、標準偏差が大きい結果となり、個人差があったことが考えられる。理由としては、高齢者の家族へ送るメールの内容や、文面自体が詐欺に感じるといった評価があったためだと考えられる。家族にメールを送る機能については良いという評価は得ることができたため、今後はメールの文面の変更と、メールが高齢者から送られていると確認できる情報を付加する必要があると考えられる。

質問 6 の「スマートフォンを利用した特殊詐欺防止機能は効果的だったか」については高い評価を得ることができ、特殊詐欺の防止に効果があるという結果になった。しかし、質問 7 の「離れて暮らしている両親にこのアプリを使用したいか」については高い評価が得ることができなかった。これは、画面による危険表示の評価が低かったこととも関連があると考えられる。そのため、今後は画面表示以外の危険通知方法も検討する必要があると考えられる。具体的には、警告音などを再生することで会話内容を聞き取れなくすることにより、異常を伝える方法などが考えられる。

今後の展望としては、まず一つに ATM の前で操作している高齢者の周囲の方へ特殊詐欺の危険を通知する方法の検討が必要である。これは、高齢者が特殊詐欺の危険通知に気づかない可能性が存在するためである。具体的には、銀行の ATM の前で特殊詐欺の危険性があったと判断されたときに、高齢者が所持しているスマートフォンから現在いる銀行側にメールの送信などで危険を通知し、銀行員の方に高齢者へ声かけをしていただき阻止するといった方法が挙げることができる。メールアドレスの取得方法としては、アプリケーションに銀行のリストを作成しておき、リストから頻繁に使用する銀行を事前にアプリケーションに登録することで、その銀行のメールアドレスを自動的に登録する機能を追加する方法などが考えられる。

次に、特殊詐欺の危険性があったときにかかってきた電話番号を記録する方法の検討が挙げられる。記録された電話番号から着信があったときに、以前に危険があったことを通話する前に確認することで、特殊詐欺の可能性を通話する前に知らせることができるとの方法、と考える。

6. 結論

本研究では、ATM 前での振り込み動作を把握することで、特殊詐欺被害の防止に資する機能の開発を行った。そして、スマートフォンを利用したバイブレーションと画面への危険表示、家族へのメール送信による

危険通知が詐欺の被害防止に有用であることを大学生に対し評価実験を行った。実験の結果、バイブレーションによる異常の通知およびスマートフォンを利用した特殊詐欺防止機能は効果的だという評価を得ることができた。しかし、高齢者に対してスマートフォンの画面での危険通知は効果的かという質問に対しては、高い評価を得ることができなかった。

今後の展望としては、高齢者への特殊詐欺の危険通知だけではなく、その周囲の人に対しての危険通知方法を考え詐欺の被害を防止することや、特殊詐欺の危険性があった電話番号を記録しておくことで、通話する前に特殊詐欺の危険性を通知する方法の検討が必要である。さらに、今回行った評価実験ではあらかじめ BLE ビーコンの UUID を設定していたが、今後はアプリケーションに銀行のリストを作成しておき、リストから頻繁に使用する銀行を登録することで、その銀行に設置されている BLE ビーコンの UUID を自動的に登録する機能の搭載を考える必要がある。それに加え、銀行員の方に特殊詐欺の危険性があることを伝えるため、UUID の登録時に銀行のメールアドレスを設定できるようにする機能の搭載も考えられる。

文 献

- [1] 平成 29 年度版高齢社会白書 | 内閣府 . [Online]. Available at: http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2017/zenbun/pdf/1s1s_01.pdf
- [2] 平成 28 年における行方不明者の状況 | 警察庁 . [Online]. Available at: <http://www.npa.go.jp/safetylife/seianki/fumei/H28yukuehumeisya.pdf>
- [3] 平成 28 年の特殊詐欺認知・検挙状況等について | 警察庁 . [Online]. Available at: https://www.npa.go.jp/sousa/souni/hurikomesagi_toukei2016.pdf
- [4] ビット・パーク株式会社:ここココ for シニア . [Online]. Available at: <https://gps-mimamori.com/senior/>
- [5] HITACHI:携帯電話の電波を検知して ATM での振り込み詐欺被害を抑制するシステムが常陽銀行で採用 . [Online]. Available at: <http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2016/10/1031.html>

SDN を用いた先進脳外科手術環境と診断支援環境の構築

Constructing the Environment of Advanced Brain Surgery and Diagnosis Supporting over the SDN

○藤野雄一¹, 佐藤生馬¹, 永井智大², 伊関洋³, 村垣善浩⁴, 正宗賢⁴

1. 公立はこだて未来大学 システム情報科学部, 2. 公立はこだて未来大学大学院 システム情報科学研究科,
3 早稲田大学 理工学術院先進理工学研究科, 4. 東京女子医科大学 先端生命医科学研究所

○Y. Fujino¹, I. Sato¹, T. Nagai², H. Iseki³, Y. Muragaki⁴, K. Masamune⁴

1. Faculty of Systems Information Science Engineering, Future University Hakodate, 2. Graduate School of Systems Information Science, Future University Hakodate, 3. Faculty of Science and Engineering, Waseda University, 4. Institute of Advanced Biomedical Engineering and Science, Tokyo Women's Medical University

1. はじめに

脳腫瘍摘出術は、術後合併症を考慮しながら患者毎に異なる腫瘍の位置や脳の構造・機能を踏まえた腫瘍摘出を行う、非常に高度な手術である。実際には、腫瘍摘出において執刀医は知識や経験に基づき、手技や経験により脳構造や機能を把握しながら、手術を行っている。手術の術後 5 年生存率の向上と術後合併症の減少を目指して、東京女子医科大学(以下女子医大)は、手術室の環境や機器を高度化した IOR (Intelligent Operating Room)と、手術中の状況を瞬時に判断可能なように術中情報を統合し、確認が可能な手術戦略デスクが提案している [1]。IOR は、術中に開頭時に脳自身の重みにより変形してしまい、術前に撮像した MRI で確認できた腫瘍位置が異なってしまう現象を補間するため、オープン MRI を常備し、術中に開頭状態で MRI 撮像が可能な手術室である。開頭時には、術前に MRI などにより得られた腫瘍の画像情報を手術ナビゲーションシステムにより術者に提示することにより、手術支援を行う。また、各種医療情報はカメラなどで映像情報とし、一元的に確認できる環境である。手術戦略デスクでは、手術現場の各種情報が図1に示すように複数のモニタ上で共有できる手術戦略デスクを有し、経験豊富な医師が手術現場から離れた場所から指示することが可能としている。これらの環境は上記目的を達成させる方法の一つとなっている。IOR にて得られた各種手術情報は、手術戦略デスクに送信されるが、同時にデータベース(DB)に蓄積され、術後に解析される。



図 1 共有する各種手術室情報 [2]

伊関等は手術環境、腫瘍摘出状況、ナビゲーション情報、各種医療情報を同期して記録し、その情報を解析することにより、脳腫瘍摘出率、術後合併症発生率、5 年生存率の関係を明確にし、術後の状況を術中にある程度予測可能な”未来予測手術”を提案している [2]。 ”未来予測手術”は、外科医と彼を支援するスタッフ、環境、戦略支援デスクに加え、コンピュータベースでの科学的根拠に基づいた意思決定を支援する環境である。これらの情報を収集するために、IOR を発展させた SCOT (Smart Cyber Operating Theater) も提案している [3],[4]。これにより、熟練脳外科医師以外でも腫瘍摘出術が可能となり、また若手医師教育にも資することができる、としている。

このような手術環境の整備により術後の 5 年生存率の向上、術後合併症の減少が図られており、広島大学、信州大学など他の高度医療機関が注目している。これらの医療機関が SCOT と手術戦略デスクの導入を検討する際、その運用、各種情報の活用など、女子医大からの助言などが重要である。また、手術室情報の共有は脳腫瘍手術の発展にも欠かせない。このように、”未来予測手術”を実現するためには多数の手術状況情報、患者情報、予後情報、確定診断情報などが必要であり、今後、SCOT の環境を実現予定の機関と連携して、その情報を共有することが必要となる。

我々は、”未来予測手術”を実現させるための環境として、各地域に設置された SCOT 間を安心、安全なネットワークで接続し、各地域から得られた手術情報を蓄積、解析し、将来的にはリアルタイムで術中に伝達する、“SDN を用いた術中情報共有システム”を提案している [5],[6]。個人情報である医療情報をネットワークで転送するにはセキュリティの確保が欠かせない。また、図 1 に示すような各種医療画像、情報を転送する際には情報の種類に応じた安定した QoS が必要である。さらに、複数の医療機関を接続する際、常時、専用線にて接続すると膨大なコストがかかるため、オンデマンドで必要な時に必要な帯域のクラウドネットワークを構成できることが望ましい。このような条件を満たすネットワークとして我々は SDN の採用を検討した。本報告は、SDN を用いて上述した医療情報をオンデマンドで、QoS を確保しながら転送する情報共有環境を示し、さらに、取得した手術映像、各種情報から手術工程を同定、解析し、高度な診断支援が可能な AI を用いた未来予測診断支援環境について述べる。

2. IOR と SCOT

2.1 IOR

IOR は手術室内にオープン MRI や多数の医療機器を導入した手術環境で、脳腫瘍摘出術において IOR により術中の状況が可視化され、術後合併症を考慮した腫瘍摘出率向上が実現された 2]。IOR は、多数の高度な医療機器を導入し、術前・術中に得られた情報を可視化・共有化した高度な情報誘導手術を可能とする手術室である。IOR 内に存在する主な医療機器は、オープン MRI や手術ナビゲーションシステム、手術顕微鏡などがある。これら手術機器により頭部の開頭後に発生する脳の变形(ブレインシフト)に対応することが可能となり、術中の脳の構造を可視化することができる。また、これら手術機器を用いて術後合併症を考慮した覚醒下脳腫瘍摘出術や手術戦略デスクによる術者の意思決定支援が行われている。図 2 に IOR の手術顕微鏡、ナビゲーションシステムの様子を示す。

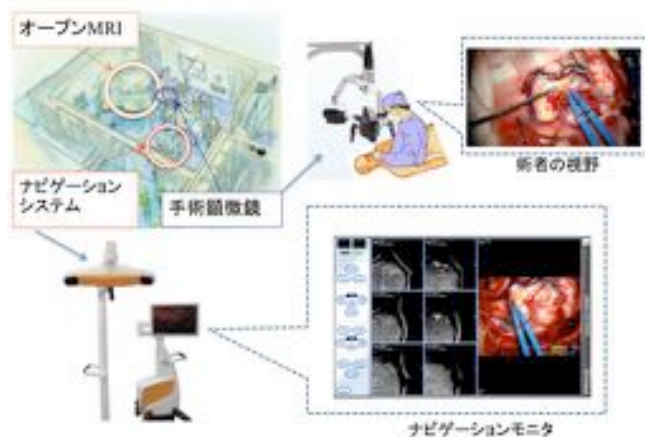


図 2 手術顕微鏡、ナビゲーションシステム

2.2 SCOT

一方、SCOT は手術室を 1 つの医療機器ととらえ、手術室内でやりとりされるあらゆる情報を機器間で共有し活用可能な手術環境である。各種医療機器はネットワークで接続され、一元的に提示される。

女子医大等は AMED の支援を受け、2016 年 6 月に医療機器をネットワークで連携・接続させ、手術の進行や患者の状態を統合的に把握し、手術の精度や安全性を高める SCOT に関する成果を発表した 7]、8]。『最終目標モデル』プロトタイプが女子医大に、『基本仕様モデル』が広島大学病院に設置された。SCOT では、医療機器をそれぞれの機能や役割に応じてパッケージ化され、それらを共通のインターフェースで接続し、手術室全体をネットワーク化する。SCOT 内に配置されている各種医療機器は ORiN (Open Resource interface for the Network)と呼ばれる通信インターフェースを用いてネットワークで接続される。ORiN とは、工場内の各種装置に対して、メーカー、機種の違いを超え、統一的なアクセス手段と表現方法を提供する通信インターフェースであり、パソコンのアプリケーションソフトウェアから、異メーカー・新旧のロボット、PLC、NC 工作機械などの制御装置の情報を共通的な方法でアクセスするための標準仕様で、ORiN2SDK として実用化さ

れている。SCOT では、(株)デンソーがこれらを医療用にカスタマイズした OPeLiNK を活用し、医療機器のネットワーク化を推進している。具体的には、医療機器の基本データや術中画像、手術器具の位置情報、患者の生体情報など各種医療機器から発生する情報を OPeLiNK で統合し、4K モニタに一元的に表示することにより視認性を高めている、これらの情報は DB に蓄積され、術後の解析に使用される。図 3 に ORiN、OPeLiNK を用いた医療機器のネットワーク概要を示す。また、図 4 は SCOT 内の 4K モニタまわりの状況を示す。



図 3 OPeLiNK による SCOT 内ネットワーク接続
(女子医大 正宗氏 提供)



図 4 SCOT 内 4K モニタまわりの状況 (女子医大)

3. SDN

SDN の概念を図 5 に示す。SDN はデータプレーンを担う SDN スイッチとコントロールプレーンを担う SDN コントローラで構成されている。SDN コントローラを API 経由で遠隔から操作することでネットワークポリシーを即座に操作することが可能である。SDN コントローラから制御メッセージを各 SDN スイッチに送信することでトラフィック制御を行う。

SDN コントローラと SDN スイッチ間を繋ぐ API はいくつかあるが、Open Networking Foundation が中心となって標準化が進められている OpenFlow があり、最も盛んに研究が行われている 9]。

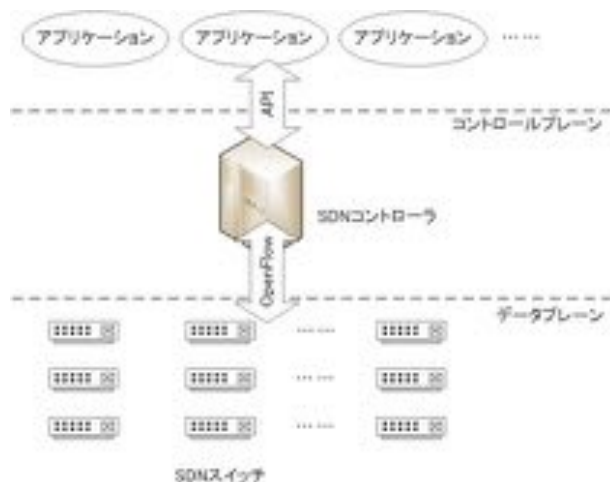


図5 SDN の概念

OpenFlow は SDN コントローラが SDN スイッチに対し指示を行う際に用いられるプロトコルである。OpenFlow は対応したネットワーク機器であれば、外部から OpenFlow で定義されているメッセージを各機器に転送することで制御を行い、ネットワーク全体を1つのソフトウェアで管理することが可能となる。パケットの転送制御方法には各種アクション、条件が定義されている。SDN コントローラはアクションと条件の組み合わせを SDN スイッチに対して指示することで複雑なトラフィック制御を実現している。これによりネットワーク管理者は自由なネットワーク制御が可能となる。

4. SDN ベース術中情報共有システム

4.1 システム概要

上述したように SCOT は最新の医療機器を備えた脳腫瘍摘出手術環境であり、今後、本 SCOT を備えた医療機関が増えていくことが想定される。我々は、これらの SCOT を有する医療機関を SDN で接続し、各種医療情報、術中情報を蓄積・共有可能な環境を構築中である。さらに、蓄積された膨大な患者情報、術中情報、確定診断情報などから手術工程同定、手技解析などを行い、熟練医師のノウハウ、暗黙知などの抽出にチャレンジしている。公立はこだて未来大学（以下未来大）と女子医大を SINET5、JGN で接続し、女子医大にて発生した手術情報を蓄積する。将来的には、SCOT を導入した医療機関も接続し、情報を共有する。図6に本研究の概要を示す。

4.2 SINET 上での JGN ネットワーク構成

日本国内には学術情報ネットワークとしての SINET と高速ネットワークテストベッドとしての JGN が存在する。今回、未来大と女子医大を接続するために図7に示すような、SINET5とJGNを用いたネットワークを構成した。新たな SCOT 導入病院との接続は、SDN にて新たなオーバレイネットワークを構成することにより実現する。

北海道での JGN のアクセスポイント（以下 AP）は、従来は札幌に存在したが、近年の見直しなどにより撤退したため、一端、SINET にて未来大から札幌まで接続し、そこから同 AP がある仙



図6 SDN ベース術中情報共有システム概要



図7 SINET5とJGNを用いた接続模様（NICT資料に追記）

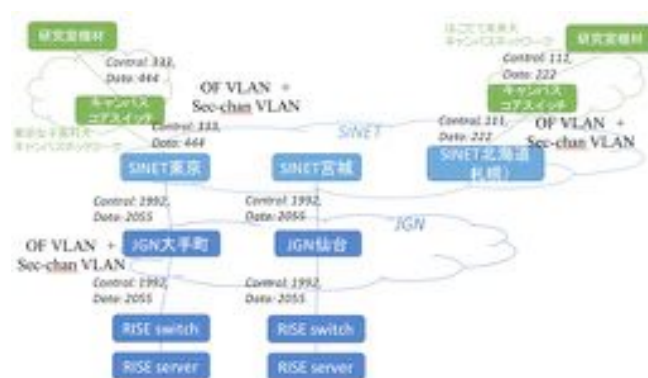


図8 ネットワーク構成

台まで伸ばす。SINET 宮城から JGN 仙台 AP に接続し、その先は大手町 AP まで JGN で接続する。JGN の大手町 AP から再度、SINET 東京回線を使用して女子医大まで伸ばす。ただし、SDN コントローラによる制御は JGN 内のみで可能となる。このネットワーク構成を図8に示す。

本研究は昨年度から3年間計画で進めており、今年度はオーバレイネットワークによる画像転送、O3 プロジェクトの成果である ODENOS の機能を用いた制御を予定している。O3 は NEC、NTT、NTT コミュニケーションズ、日立製作所、富士通 5 社共同による研究開発プロジェクト「Open Innovation over Network Platform」（プロジェクト愛称：O3（オースリー）プロジェクト）であり、総務省の委託研究“ネットワーク仮想化技術の研究開発”に基づくもので、複数の広域ネットワークインフラを統合管理するプラットフォームやアプリケーションなど、広域ネットワークのさまざまな要素を総合的に SDN 化することを目指したプロジェクトである [10]。本研究

東京女子医大

はこだて未来大

A病院(札幌医大)

B病院

C病院

上図の構成では、ODENOS の配下にある SDN コントローラを介して札幌医科大学など他の病院との接続も容易に可能であり、今後、要望に応じて他地点の追加接続を検討する。

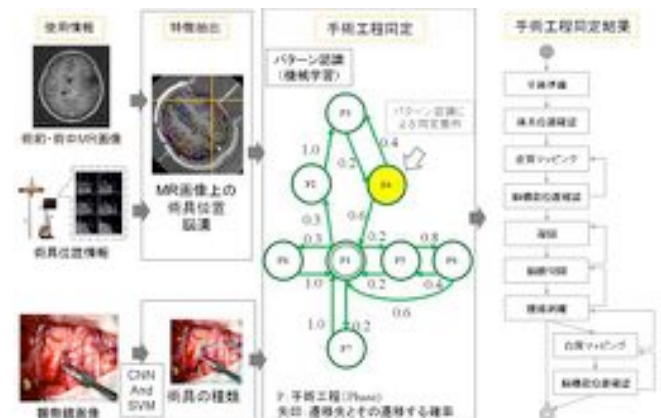
上述したネットワーク構成にて、女子医大-未来大が接続されており、女子医大にて得られた手術情報（手術環境映像、顕微鏡映像、ナビゲーション情報、電気刺激電極・バイポーラ位置情報、患者バイタル情報、確定診断情報など）をネットワーク上に設置したDBに蓄積し、解析に使用する。ここでの解析とは、上記多数の情報を用いて「未来予測手術」に繋がる情報を得ることであり、以下の手順を検討している、

- 上記手順において、DB 蓄積前後のデータ解析に関する具体的手法はまだ検討段階であるが、以下に手術工程同定手法と標準脳統合手法に関して述べる。

脳腫瘍摘出術における執刀医が行う手術の流れや進捗状況を詳細に把握するため、その基礎要素となるナビ、手術画像、術前・術中 MR 画像を用いた手術工程同定手法を検討する [12]。最初に手術工程を同定するため、一連の手術の流れから工程を定義する。ここでは、執刀医の手技や判断プロセスが大きく影響する覚醒下脳腫瘍摘出術における脳の開頭後から腫瘍

- P1. 手術準備
- P2. 術具位置確認
- P3. 皮質マッピング
- P4. 皮質時の脳機能確認
- P5. 凝固
- P6. 脳膜切開
- P7. 腫瘍切除
- P8. 白質マッピング
- P9. 白質時の脳機能確認

抽出した情報と定義した工程より手術工程を同定する。手術工程の同定は、抽出した情報を出力情報として、HMM (Hidden Markov Model) により定義した工程の中から工程同定を行った。図 10 に工程同定の概要を示す。



本同定手法より過去に得られた臨床のデータを用いて精度を検証した。提案手法より脳の開頭後からの約 30 分間の工程を同定した。正解データと本手法で構築した自動同定結果を比較して精度を評価した。手術工程の同定精度は、全体の精度結果は 82 % となった。その中でも、電極を用いた工程同定の精度は 90 % の精度があった。一方で、バイポーラを用いた工程同定精

度は 70%の精度であった 12].

5.2 標準脳統合

5.2.1 目的

脳腫瘍摘出手術には、事前に撮影された MRI にて腫瘍の位置と脳機能の位置を確認し、術中に当該 MRI により確認された腫瘍の位置を医師自身が頭の中で合成し、手術を進めていく。しかしながら、脳は開頭時に重力の影響でブレインシフトし、術前に撮影された画像とは位置関係が異なることが多い。一方、IOR ではオープン MRI を使用し、開頭時のブレインシフトを伴った頭部を術中に撮像することができる。これを術中 MRI と呼ぶ。この術中 MRI は解像度が術前に撮像された画像（術前 MRI）より劣るため、腫瘍位置を正確に確認するには術前 MRI が適切である。そのため、術中 MRI でのブレインシフトが起こっている腫瘍などの位置関係を、術前 MRI へ変形してマッピングすることで、高解像度の術前 MRI で確認する手法を検討してきた。さらに、“未来予測手術”へ適用するには、これらの画像を標準脳マッピングすることにより、頭部の状態が個人の特性などで異なる腫瘍状況を一元的にハンドリングでき、その AI などによる解析が容易になる。

5.2.2 標準脳統合法

術中の開頭によりブレインシフトした脳に対し、IOR では術中に MRI を撮像可能である。その際、患者の麻酔を弱め、意識を回復させ、脳に電気刺激を与えながら車などの絵を見せて、その回答を口頭でさせる。刺激位置が言語野であれば電気刺激により会話に影響がある。それにより、言語野を刺激していることを医師が認識する、これを覚醒化手術と呼んでおり、予後の合併症を最小限にとどめる方法である。電気刺激を行った脳表の位置を、ブレインシフトを伴った脳から患者の術前の MRI に変形し、電気刺激位置をマッピングし、さらに、個々人の頭部の異なる大きさ、異なる腫瘍状況などの位置関係を保持しながら標準脳へ変形する。我々は非線形

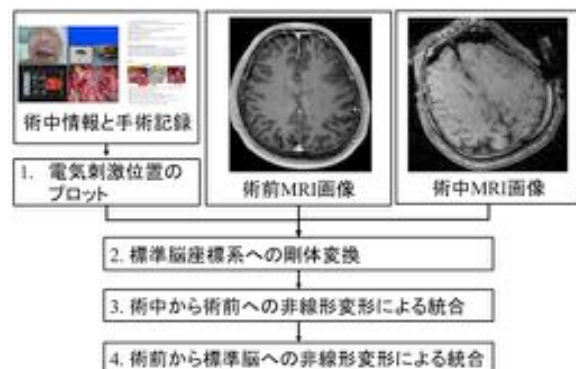


図 11 標準脳への変換概要

変形によりこの変換を行った。図 11 に標準脳への統合手法の概要を示す。まず、電気刺激位置を、手術ナビゲーション情報を下に脳表上にプロットする。その際には、覚醒化での患者の反応を下に脳機能情報を同時にマッピングする。次に術前 MRI と術中 MRI は前処理を施された後、剛体変換により標

準脳座標系へ変形する 13],14]. 次に、術中 MRI から術前 MRI

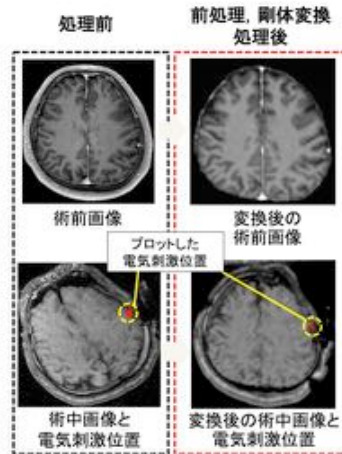


図 12 剛体変換処理



図 13 標準脳座標系での術中 MRI から術前 MRI への非剛体レジストレーション



図 14 術前 MRI に変形された術中 MRI の標準脳への非剛体レジストレーション

らの処理により、術中に実施した電気刺激位置が標準脳へマッピング、統合される。図 12 に術前、術中のオリジナル画像とそれらに前処理を施した後、標準脳座標系へ剛体変換した結果を示す。図 13 は標準脳座標系へ剛体変換された画像の術中 MRI を術前 MRI へ非線形変換を行った結果である。最後に図 14 は術中 MRI に変換された患者の MRI を標準脳へ非線形変換を行った結果である。

このようにして術中に実施した覚醒化での電気刺激位置が標準脳へマッピングされ、患者の腫瘍部位と電気刺激で確認された脳機能が標準脳へ変形されて、各種情報がマッピングされたことになる。

5.2.3 評価

上述したように、術中 MRI でブレインシフトが起こっている腫瘍などの位置関係を、術前 MRI へマッピングし、さらに、“未来予測手術”へ適用するために、これらの画像を標準脳マッピングすることにより、頭部の状態が個人の特性などで異なる腫瘍状況と脳機能情報を一元的にハンドリングする手法を述べた。その評価として、

- 術中 MRI 画像から術前 MRI 画像への非剛体レジストレーション：全体の統合誤差： 3.1 ± 1.5 [mm]
- 術前 MRI 画像から標準脳への非剛体レジストレーション：全体の統合誤差： 5.2 ± 3.3 [mm]

との結果を得ている。現在、精度向上に関して継続して実験を行っている [13],[14]。

5.3 未来予測手術

伊関等は、脳腫瘍手術における“未来予測手術”を以下の様に考えている。

- 十分な科学的根拠に基づき、医師の意思決定を支援
- 手術中もしくは術前の段階で、術後の状態を予測

IOR, SCOT は“未来予測手術”を想定したローカルな環境である [15]。現在、SCOT を導入する医療機関が増えてきており、当該環境を用いた手術症例事例は今後増大すると考えている。我々が提案している“未来予測手術を実現させるための環境”は、各地域に設置された SCOT を安心、安全なネットワークで接続し、各地域から得られた手術情報を蓄積、解析し、将来的にはリアルタイムで術中に伝達するシステムである。SCOT を新規に導入した病院から得られる症例事例は、上述した手術工程同定システムにより、術者の工程が詳細に同定、解析される。それにより、術者の手技が詳細に解析され、暗黙知として考えられていた手技を“見える化”できる可能性がある。また、標準脳統合システムにより、標準脳上で、各患者の腫瘍位置、電気刺激による機能位置、各種処理による脳機能情報、確定診断結果、5 年生存率などが統合された DB に蓄積される。これらのデータを解析することにより、どの程度の腫瘍切除によりどのくらいの術後生存率を達成できるのか、等の情報をリアルタイムに術中に執刀医に知らせる事ができる。我々が提案するネットワークと手法により、“未来予測手術”の実現可能性を高めることができる、と考えている。

さらに、本ネットワークと DB により蓄積された脳腫瘍手術情報は術中の手術顕微鏡映像だけでなく、手術室俯瞰映像なども含まれている。これらの臨床での現場映像は、若手医師の教育にも活用される。特に、俯瞰画像は今後、4K、8K 化を予定しており、超高精細な術中俯瞰映像により、医師の手先の手技までも高精細に記録される。このような情報も上記、ベテラン医師の手技暗黙知を“見える化”する一つの要素となりうる。

6. おわりに

我々は SCOT の環境をネットワーク化することによる術中

情報共有システムを提案した。これにより、脳外科手術中工程を解析し、“未来予測手術”につなげることを目指している。今後、工程同定の高精度化、AI を用いた解析手法の明確化とともに、実際に未来大と女子医大を接続した情報共有システムの構築を目指す。さらには、SCOT を導入した医療機関の参加を促し、ネットワークを経由して多数の手術情報を収集し、DB の充実化と暗黙知情報の充実化を図る。

本研究開発は総務省 SCOPE(162101001)の委託を受けたものである。

参考文献

- 1] 伊関洋, et al. "インテリジェントオペ室・MRI 誘導手術対応システム" Medix 39 (2003): 11-17
- 2] 伊関, 村垣他, “手術戦略による外科手術支援”, 生体工学 49(5):661-663, 2011
- 3] Iseki, “SCOT (Smart Cyber Operating Theater) project: Advanced Medical Information Analyzer for Guidance of the Surgical Procedures”, JAPANESE- FINNISH JOINT SYMPOSIUM13- 15 December 2011 Helsinki, Finland
- 4] 岡本, 正宗, 伊関, 村垣, “次世代手術室 SCOT (Smart Cyber Operating Theater) の開発”, MEDIX VOL.66
- 5] 藤野, 佐藤, “高速ネットワーク上での医療情報通信実験と SDN へ向けて”, O3 プロジェクトシンポジウム 2016, 2016.3.23
- 6] 中田, 佐藤, 藤野, “SDN を用いたリモート戦略手術室の提案”, 信学技報 116(292), 13-16, 2016-11-09, Page : 13- 16, Publication year : Nov. 02, 2016
- 7] AMED 報道発表資料, “「スマート治療室」のプロトタイプモデルの完成—IoT を活用した各種医療機器の連携・接続の実証開発の加速化と、治療システムの臨床への適用検討を開始—” http://www.amed.go.jp/news/release_20160616.html
- 8] 日経デジタルヘルス 2016.6.18
<http://techon.nikkeibp.co.jp/atcl/news/16/061702646/?ST=health>
- 9] “OpenFlow Switch Specification”, ONF TS-006, 2012.6.25
- 10] ASCII, 2013.9.16
<http://ascii.jp/elem/000/000/825/825567/>
- 11] 桐葉, “総務省委託研究「ネットワーク仮想化技術の研究開発」成果報告”, O3 プロジェクトシンポジウム 2016
- 12] T. Nagai et.al, “Proposal for Identification and Modeling of Surgical Processes using Pre-operative and Intra-operative Information in Awake Surgery for Glioma”, International Journal of Congress on Computer Assisted Radiology and Surgery(Int. J. CARS), 2017, 2017/6/23, Barcelona, Spain.
- 13] T. Noguchi, I. Sato, H. Shibata, Y. Fujino, H. Yamada, T. Suzuki, M. Tamura, Y. Muragaki, K. Masamune, “A Surgical Navigation System using an Integrated Image of Preoperative and Intraoperative MR Images with Sulci Recognition for Neurosurgery”, International Journal of Congress on Computer Assisted Radiology and Surgery (Int J CARS), vol. 11 (suppl. 1): S84-85, 2016.
- 14] T. Noguchi, I. Sato, T. Nagai, Y. Fujino, H. Yamada, T. Suzuki, M. Tamura, Y. Muragaki, K. Masamune, "A surgical navigation system using sulci recognition and diffusion tensor images in glioma surgery", CARS2017, 2017.06.23, Barcelona, Spain
- 15] 伊関, 村垣, 丸山, 田村他, “【術中画像の最前線でなにが起きているか】 手術場で示す新たな治療戦略 精密治療の現状 インテリジェント手術室から医療情報誘導手術室へ(解説/特集)”, 新医療, 41(5):76-79(2014/05)