

藤田医科大学ロボット技術活用地域リハビリ医学寄附講座 2019 年度活動報告

2019 年 4 月 30 日 太田喜久夫, 松浦広昂

【概要】

2017 年の豊田市における 65 歳以上の人口比率は 22.6%と全国平均 27.7%よりも低いです。しかし、2040 年には 65 歳以上の人口比率が 31.1%へ急速に増加すると予測されており、その対策の一つとして、IT/ロボット技術の活用をすすめながら地域リハビリテーションを展開することを目的とした本寄附講座が 2018 年 4 月に設置されました。豊田市と藤田医科大学およびトヨタ自動車株式会社が協力して練習支援型リハビリテーションロボットや IT システムを豊田地域医療センターに配備し、その実証研究を開始しています。また、2020 年 3 月 16 日「先進技術を活用した地域リハビリテーション及び在宅療養の推進に関する連携協定書」が、豊田市、トヨタ自動車株式会社、学校法人藤田学園藤田医科大学、一般社団法人豊田加茂医師会、公益財団法人豊田地域医療センターとの間で締結され、豊田市の各種協力機関と連携しながら地域リハビリテーションを進めています。

【本年度活動】

豊田地域医療センターでのロボット技術・先進 IT を活用したリハビリテーション医療の展開

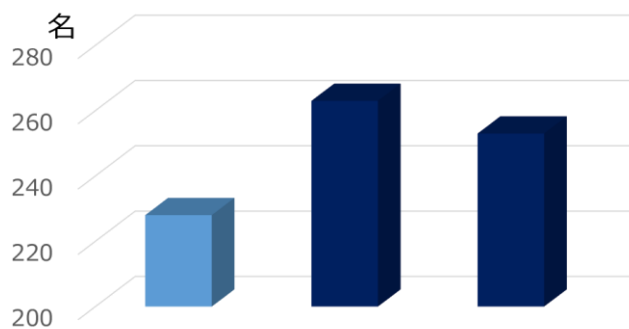
★回復期病棟入院患者の改善効果

当院の回復期病棟（30 床）では、主に急性期基幹病院から紹介される脳卒中や大腿骨頸部骨折患者の地域連携パスにもとづいたリハビリテーションが実施されます。急性期から回復期、そして在宅での生活が活動的に過ごせるように途切れないリハビリテーションサービスを展開しています。2018 年 8 月から本寄附講座としてリハ科専門医が着任し、最新のリハビリテーション機器やプログラムを用いたリハビリテーションを実施しています。さらに 2018 年 10 月からウェルウォーク WW-1000、2019 年 6 月から BEAR を用いたロボットリハビリテーションを開始しました。その結果、2017 年に比べ早期に自宅や在宅へ退院できるようになり、結果的に総入院患者数を増やすことができました（表 1、図 1-3）。また、全国平均と比べても多くの項目で良い成果が得られています。以下に当寄附講座で実施したロボット技術活用リハビリテーション医学の臨床研究報告の概要について報告します。

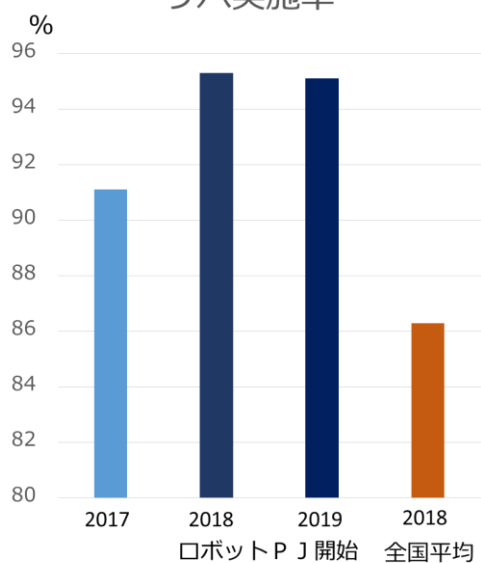
表1. TRMC 回復期リハビリ病棟の実績

	2017 (N=228)	2018 (N=263)	2019(N=253)	全国平均 (2018)
・ 病床利用率	91.1	95.3	95.1	86.3%
・ 平均入棟日数	50.1	38.1	45.7	70.1日
・ 年齢(CVA/整)	73.0/78.1	73.9/77.3	72.3/78.6	72.3/78.6%
・ 比率(CVA/整)	38.6/61.4	54.0/46.0	41.1/58.9	46.0/47.0%
・ 一日実施単位数	6.4	6.8	6.6	6.4E
・ FIM(入院/退院)	80.6→97.1	80→96	77→93	70→93
・ 自宅復帰率	72.7	81	78	68.0%
・ 在宅復帰率	86.0	96.8	88.6	79.4%

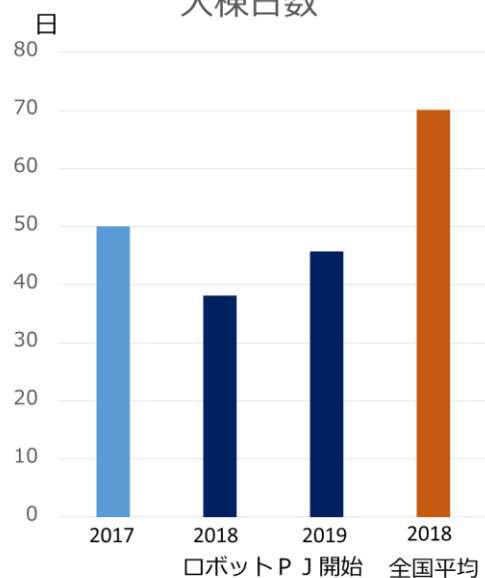
図1. 年間入院患者数



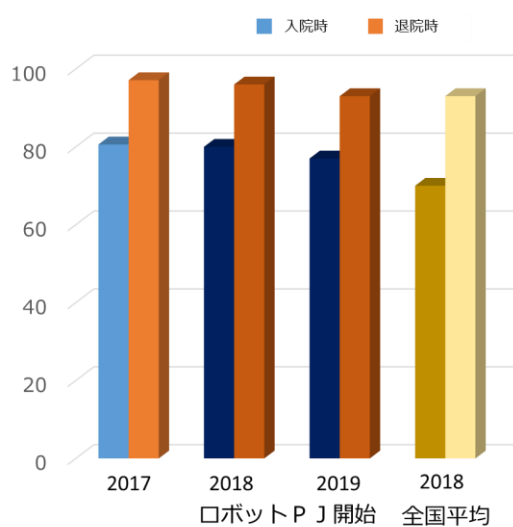
リハ実施率



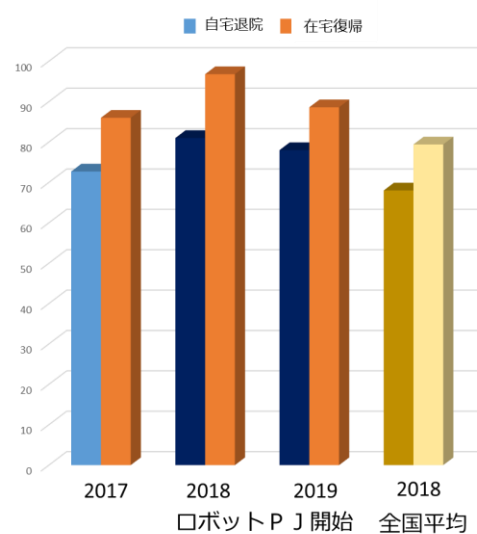
入棟日数



F I M変化



自宅退院・在宅復帰率



1) ロボット技術を活用したシームレスリハビリテーション

(1) ウェルウォーク WW-1000 (歩行練習支援型ロボット)

- ・入院患者での早期歩行獲得：回復期病棟入院患者の片麻痺患者を対象とした歩行練習を実施

2019 年度 ロボット脚を利用した歩行再建練習実施患者 7 名（開始時歩行 FIM1:1 名, 2;4 名, FIM3;2 名）。2 名は合併症（肺炎・下肢異常感覚増悪）併発にて中止。介入後杖・SLB 使用しての監視歩行（FIM5）以上となったもの 5 名中 4 名。その他、入院患者 12 名にウェルウォーク WW-1000 を高機能トレッドミル歩行練習として利用しました。

- ・外来患者での歩容や歩行能力の改善

2019 年度 外来でのトレッドミル歩行練習患者 5 名（うち WalkAid™ 装着しての FES 歩行練習患者 4 名）

研究成果

i) Ota K, Matsuura H, Onogi K, Yoshihara E, Kageyama S, Kikuchi D, Chinzei K: Effect of visual feedback treadmill walking exercise using FES system for stroke outpatients with hemiplegia. - 2 cases pilot study. 13th World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine; Kobe, Japan. 2019.

ii) 太田喜久夫, 松浦広昂, 影山重幸, 鎮西和也, 菊池 暖, 永田紘丈: 脳卒中片麻痺患者に対する視覚フィードバックを用いた FES 併用トレッドミル歩行練習の効果. 第 35 回日本義肢装具学会学術大会; 仙台. 2019.

研究成果の概要: 慢性期脳卒中片麻痺患者 3 名に対してトレッドミル歩行練習時に麻痺側総腓骨神経を刺激して遊脚期の足関節背屈を補助する機能的電気刺激(FES)を WalkAid™ を用いて実施しました (図 1)。ウェルウォーク WW-1000™ のモニター画面に映し出される歩行側面画像をトレッドミル歩行練習時の視覚フィードバック機能として利用し、電気刺激のタイミング習得に活用しました。結果: 週 2 回 20 分 2~3 か月間の介入で 6MD は平均 1.4 倍、10m 歩行スピードは 1.3 倍に向上しました (図 2)。全例で WalkAid™ の傾斜センサーを用いた総腓骨神経刺激が安定して可能となりました (図 3)。1 例は、WalkAid™ を装着して社会生活での歩行に利用できるようになりました。



図 1. トレッドミル歩行練習としてウェルウォーク WW-1000 を用いた WalkAid™ による FES 歩行練習。歩行側面画像をリハスタッフおよび患者が確認しながら、heel off から heel contact 時のタイミングで足関節が十分背屈するように総腓骨神経をマニュアルで刺激し、立脚終期に十分股関節が伸展した歩行が安定して継続できるようにします。その後、平地歩行でマニュアル刺激から傾斜センサーによる刺激で安定した歩行が可能となるように練習をすすめます。

図2 Main Outcome: 歩行能力指標の結果

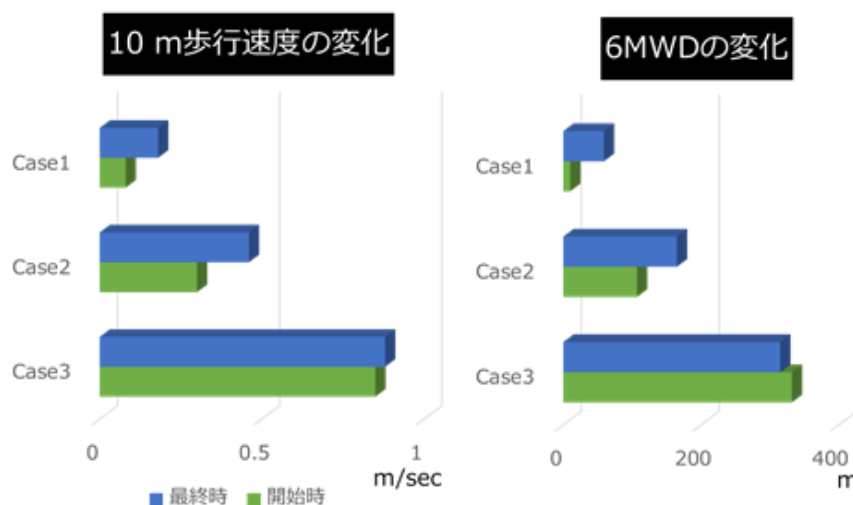
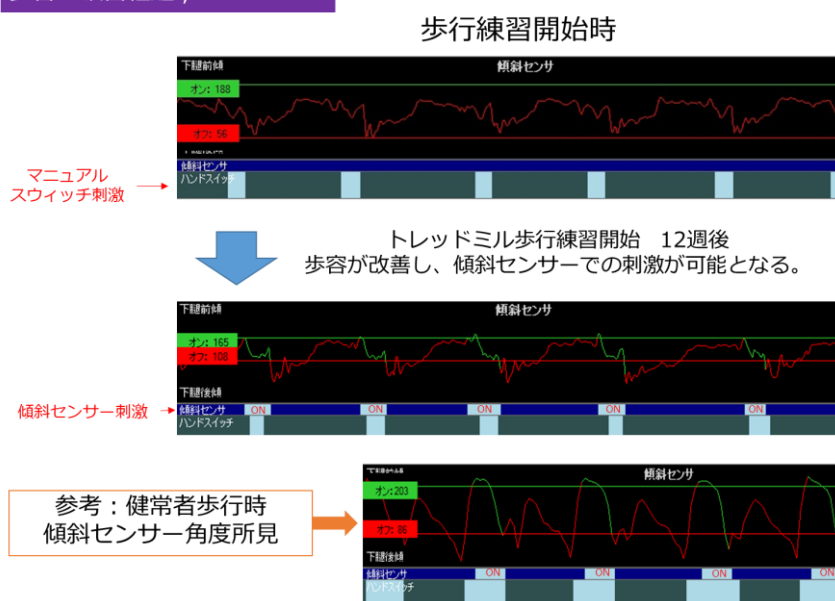


図3 歩容の改善経過; Case 1



(2) BEAR: Balance Exercise Assistant Robot (バランス練習支援ロボット)

- BEAR を用いて 3 種類のバランス課題達成能力を健常者およびリハ患者を対象として評価しました。

2019 年度実施数

入院患者 (週 4 回実施) 19 名, 外来患者 (週 1 回実施) 4 名, 健常者 (週 4 回実施) 22 名, (週 1 回実施) 20 名。

入院患者では BEAR 実施 (週 4 回 2 週間計 8 回) 前後で次の副次項目に改善がみられました。TUG: 13.5 ± 4.9 秒 $\rightarrow 11.7 \pm 4.1$ 秒 ($P=0.00043$), BBS: $49.6 \pm 7.1 \rightarrow 52.8 \pm 4.02$ ($P=0.0025$), 10m 歩行時間: 11.7 ± 5.9 秒 $\rightarrow 9.7 \pm 4.0$ 秒 ($P=0.0051$), 歩幅: 52.7 ± 13.3 cm $\rightarrow 57.8 \pm 15.0$ cm ($P=0.0073$)。全身筋肉量, 握力, FRT, 歩行 FIM は有意差が見られませんでした。BEAR 評価を含む入院リハビリテーションによって歩行や起居動作・バランス能力を反映する項目の改善がみられたと考えられます。また, BEAR の 3 課題ごとの最高達成レベルの平均値は, テニスゲーム: 33.2 ± 5.1 , スキーゲーム: 29.4 ± 11.3 , ロデオゲーム: 31.1 ± 7.0 で有意差はみられませんが障害度の相違で学習経過曲線や最高到達レベルの分布が大き

いです (図 3)。個別例ではゲーム毎に最高到達レベルが異なる例があり (図 4-a, b), 能動的前後運動, 能動的左右運動および前後左右への外乱対処運動にあわせた練習課題を提供する必要があると考えられます。なお、この研究成果は第 57 回日本リハビリテーション医学会学術集会 (2020 年) で発表予定です。

図3. 課題別学習経過曲線・最高到達レベル (W4群)

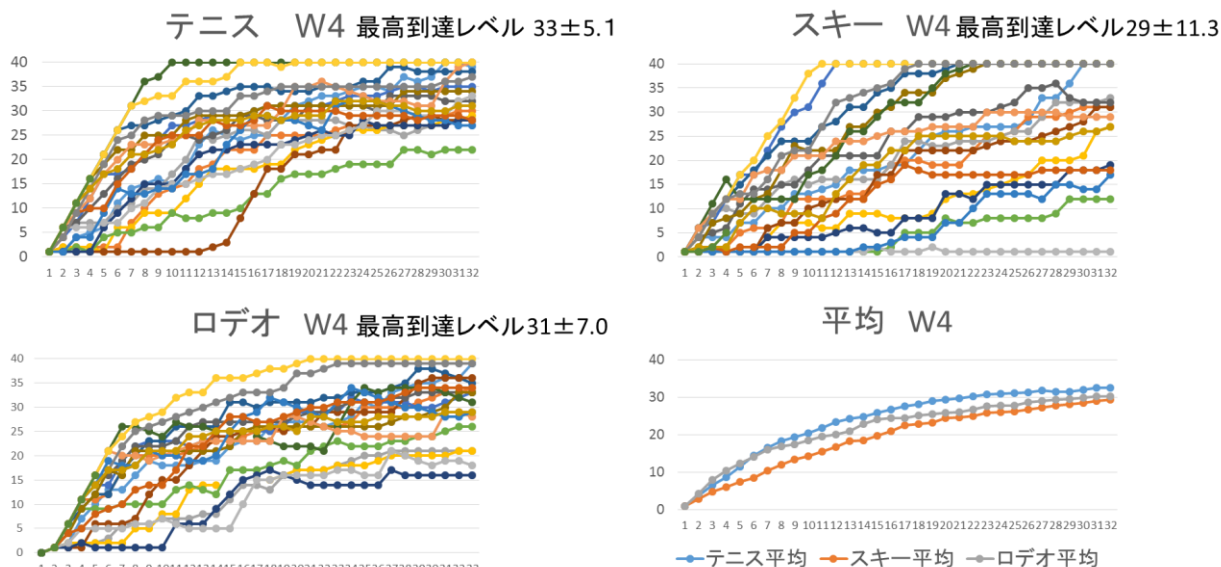


図4-a. スキー課題学習困難例

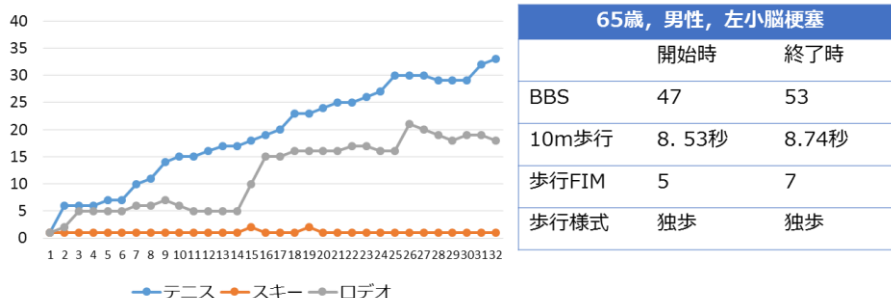
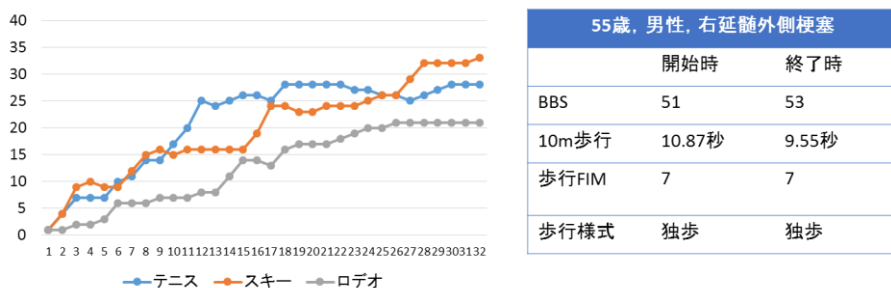


図4-b. ロデオ課題学習困難例



研究成果

i) Ota K, Matsuura H, Nakagami H: Intensive exercise using Balance Exercise Assist Robot; BEAR can

support learning balance ability in healthy subjects. 14th World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine; Orlando, Florida. 2020.

研究成果の概要：学習理論に基づいた BEAR のゲーム課題の学習到達曲線に着目し、バランス能力の評価として利用できるか検討しました。また、BEAR 実施頻度による学習到達曲線の変化を評価し、実施頻度別正常値の測定を試みました。【対象と方法】健常者 32 名 (年齢 22~61 歳) を週 4 回実施群 (W4 群) 21 名 (33.8 ± 8.1 歳)、週 1 回実施群 (W1 群) 11 名 (39.2 ± 14.2 歳) に分け、3 種類の練習課題 (能動的前後運動；テニスゲーム、能動的左右運動；スキーゲーム、前後左右への外乱対処運動；ロデオゲーム) からなり、各練習課題の難易度は 40 段階に設定されています。総計 32 セット (1 回で 4 セット実施) ずつ実施し、それぞれの運動学習到達曲線を測定しました。【結果】対象の属性 (表 1)。W4 群及び W1 群ともに 32 セット以内で 3 課題とも最高レベル 40 に到達しました。それぞれの対象者における 3 課題ごとの学習到達曲線では能動的左右運動：スキーゲームが早期に最高レベルに到達しました (ANOVA: $p < .05$)。3 課題とも level 40 に到達した時点のセット数は W4 群で 17.2 ± 4.1 セット、W1 群で 20.5 ± 5.6 セットであり (図、表 2)、両群間に有意差はみられませんでした。しかし、W4 群では全員が 24 セット以内でレベル 40 に到達しましたが、W1 群のうち 3 名は 30 セット以上必要としました。練習課題別の検討では、スキーゲームで W4 群； 12.4 ± 1.7 セット、W1 群； 14.5 ± 3.1 セットと有意差 ($P < 0.05$) を認めました (図、表 2)。【結論】BEAR は、3 種類の動的バランス能力を評価する機器として利用できる可能性があります。また練習課題学習到達曲線は課題種類および実施頻度によって異なるため、練習課題ごとに実施頻度にあわせた健常者バランス能力学習到達曲線を作成し、バランス障害者の測定値と比較検討する必要があると考えられました。

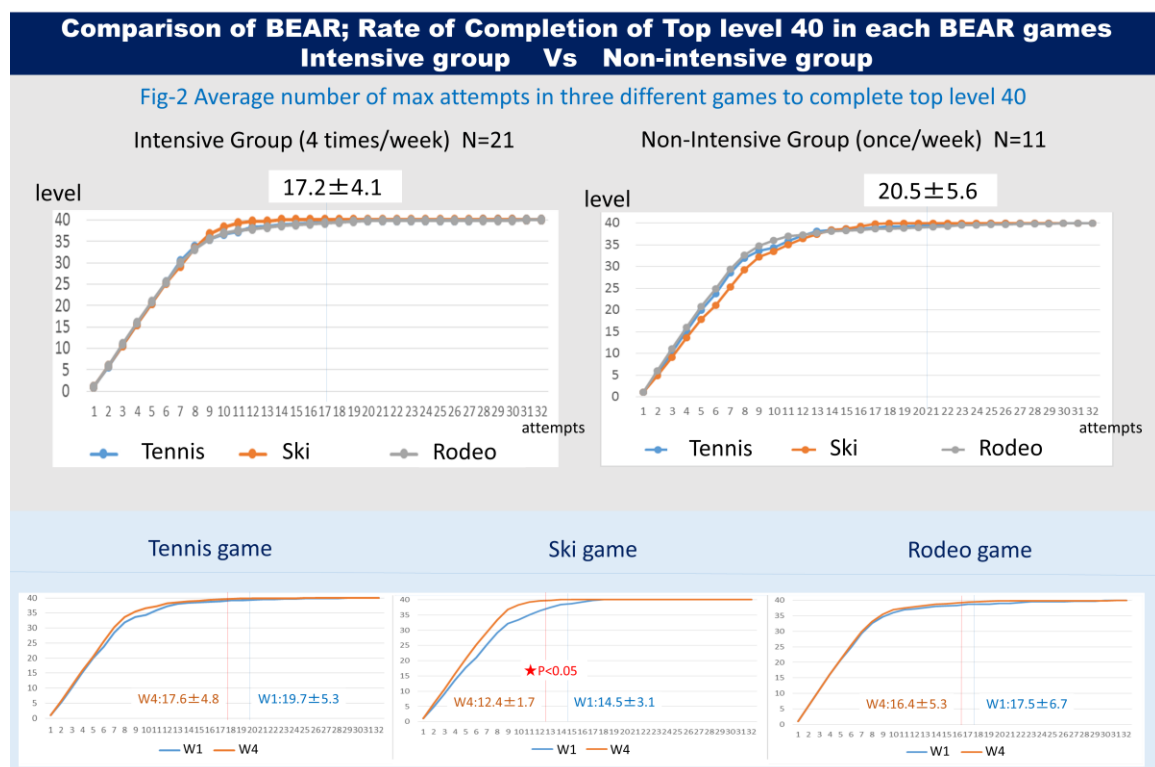


Table 1. Demographic Data of Subjects			
	Intensive Group	Non-Intensive Group	
Number	21	11	
Age	33.8±8.1	39.2±14.1	NS
male/female	12/8	7/4	NS
Hight	165.7±10.1cm	165.3±8.4cm	NS
Body Weight	60.3±11.1kg	58.7±1.9kg	NS
BMI	21.9±3.3	21.5±1.7	NS
10m walk time	6.81±0.86 s	6.60±1.0 s	NS
TUG	7.15±1.02 s	7.36±0.62 s	NS

Table 2. Rate of Completion of Top level in BEAR			
Number of attempts to complete level 40 in all three games	18.5±5.5	20.5 ±5.6	NS
Tennis game	17.6±4.8	19.7 ±5.3	NS
Ski game	12.4±1.7	14.5 ±3.1	P=0.0138
Rodeo game	16.4±5.3	17.5 ±6.7	NS

t-test

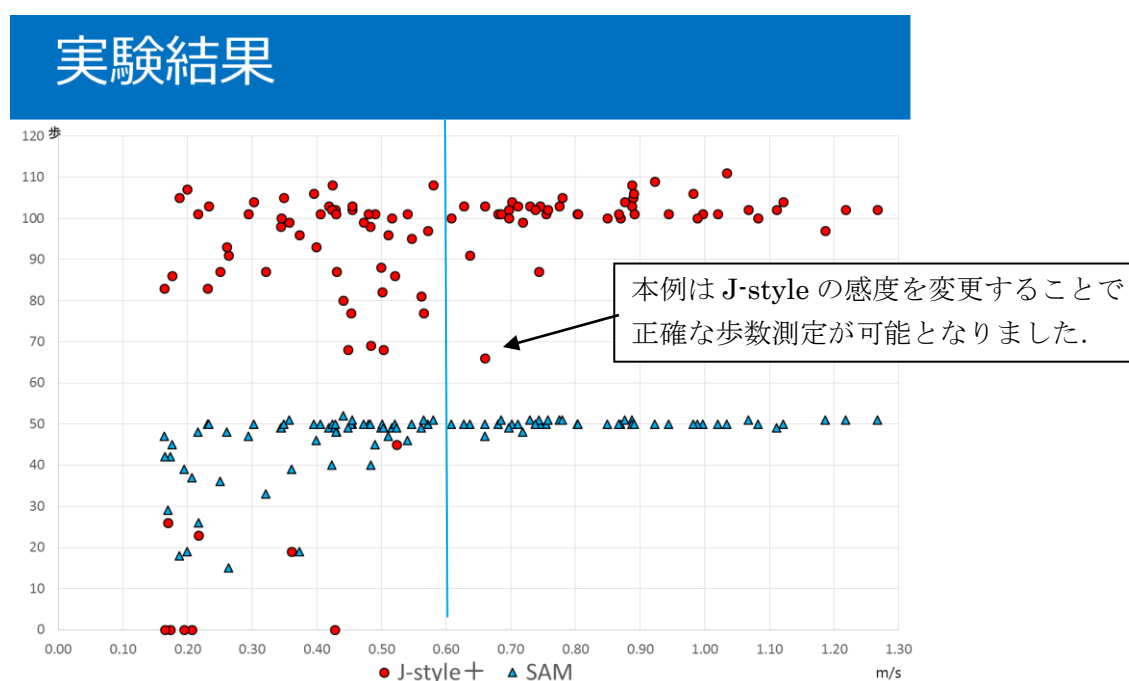
ii) 松浦広昂・太田喜久夫：バランス練習アシストロボット（Balance Exercise Assist Robot：BEAR）の当院での取り組み. 第28回豊田加茂医学会；豊田. 2019.

2) IoTを活用した日常生活身体活動性活発化の促進

(1) からだステーションシステムを用いた歩行数のモニタリング

- ・3D 加速度計(J-style)を用いて訓練時間内および訓練時間外の歩数を評価

2019 年 9 月から入院患者および外来患者を対象として J-style を利用した歩数を指標とする身体活動量の評価を開始し、入院患者 25 名（うち退院後継続して外来でも評価したもの 8 名）に実施しました。なお、目視での 100 歩と測定値を比較する 100 歩スタディを入院患者 49 名に実施し、歩行速度が 0.6m/秒以上であれば精度 $96.3 \pm 5.4\%$ で歩数を測定できることを確認しました。なお同時に実施した Step Watch の精度は $99.1 \pm 1.3\%$ でした（図）。



研究成果

i) Matsuura H, Ota K, Otaka Y: Seamless activity monitoring system using a waist-worn 3D - accelerometer for inpatients and outpatients. 14th World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine; Orlando, Florida. 2020.

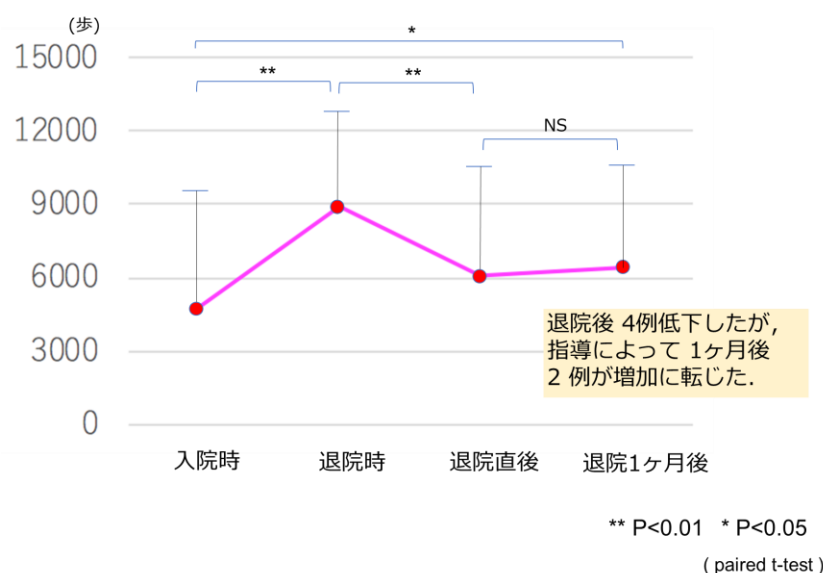
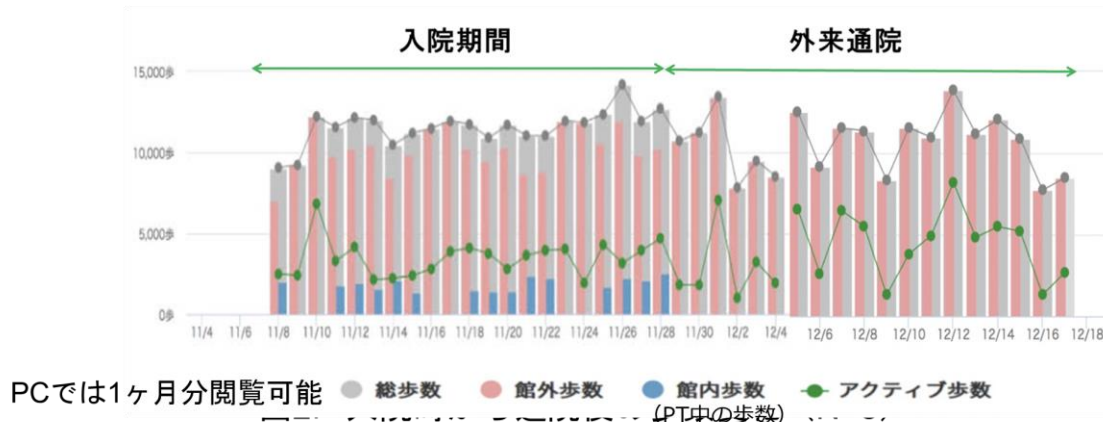
ii) 松浦広昂・太田喜久夫・大高洋平：低速度歩行対応型 3D 加速度計モニタリングシステムを用いた入院中から退院

後のシームレス活動量評価の試み、第46回日本リハビリテーション医学会中部・東海地方会；名古屋、2019.

研究成果の概要

機能回復の促進とともに生活全般の活動性向上が退院後の生活機能の維持・向上に重要です。入院中から活動的な生活を定着させる方法の一つとして、活動量を視覚的にフィードバックさせることが有用と報告されています。当院では、2019年9月から歩行速度が0.6m/sec以上であれば、精度97.3%の3D加速度計(J-style+)によるモニタリングシステムを用いて、入院中及び退院後の歩行数を評価し、リハスタッフおよび患者へのフィードバックを通して日常生活での活動量の指導に利用しています(図1)。これまで入院患者15名に本システムを実施し、そのうち退院後も評価した5名について、入院時、退院時、退院直後、退院1ヶ月後についてそれぞれ3日間の平均1日歩数を算出しました。平均1日歩数は、入院時4825±4539歩、退院時8886±3766歩、退院直後6087±2814歩、退院1ヶ月後6445±4106歩でした。退院直後歩数は低下しましたが、指導によって退院1ヶ月後は増加傾向にありました(図2)。

図1. 1日の歩数(PT中の歩数、それ以外の歩数)がステーションで1週間分まとめて閲覧できる



(2) Hitoe システムを用いた身体活動性のモニタリング

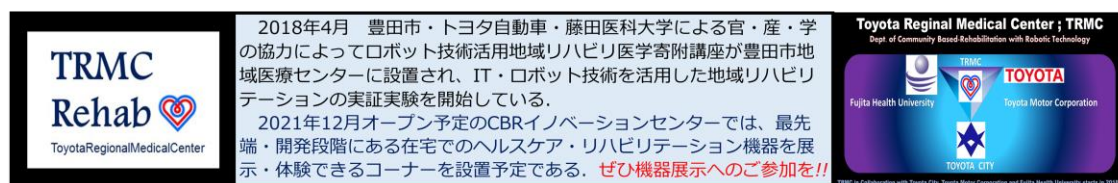
・2020年2月から心拍数や3D加速度計を用いて活動量や姿勢をモニタリングし日中臥床時間を減らす取り組みを開始。入院患者6名に実施し、心拍数や姿勢の測定情報を十分にモニタリングできるように受信環境やウェア装着法の検討を行っています。

3) (仮称) 地域リハインノベーションセンター；CBR Innovation Center 開設にむけて準備

豊田地域利用センターにおけるコミュニティ・ホスピタル構想の一環として、地域リハインノベーションセンターを特色

施設として開設するための準備を行いました。Robotic smart home と Mobility trial / Frail check room で構成されます。

主な機能は、最新・開発段階のリハビリテーション練習機器・介護支援機器の展示・体験コーナーを開設するとともに、病院・在宅医療のなかで実証実験をすすめてイノベーションを促進する拠点としていく予定です。また、人材育成として総合療法士育成センターの開設をすすめ、さらに地域住民の健康増進につながるようにフレイル・ロコモ・サルコペニア検診を地域リハビリテーションの一環として実施するべく準備を開始しました。先進技術をもつ企業が本事業に多く参加できるように、名古屋国際センターにて令和元年度 中部地域 地域版ネットワーク会議にて豊田市とともに本取り組みを紹介し、ポスター展示（図）を行いました。



ロボット技術活用地域リハビリテーションの展開の核：豊田地域医療センター CBR-イノベーションセンターとして豊田市街地への展開をすすめる。

地域の人たちが集い、健康を維持できる
街づくりに貢献：情報発信基地

ロボット・ITを活用したリハビリ技術をヘルス
プロモーションから在宅ケアまで幅広く展開



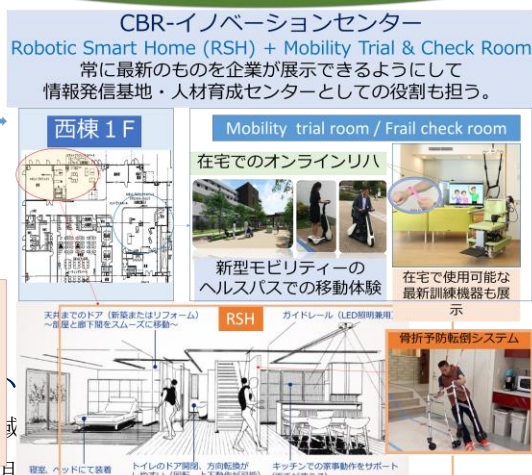
- ・西棟：CBR-イノベーションセンター（仮称）
RSH+Mobility Room：
1 最新・開発段階製品の採用：企業技術の情報発信
2 市民・医療介護職への情報発信：展示・体験・フレイル検診
3 医療・介護職への教育・人材育成の場

4) 豊田

- ・2 新棟（病院）+在宅診療部門
1 シームレスIT/ロボットリハの実証フィールド
2 CBR-イノベーションセンターでの展示機器の実証フィールド

2019 年度は2名の専攻医にそれぞれ2ヶ月および3ヶ月

- ・2019 年 4 月から藤田医科大学医学部医学生（5 年生 総計 4 名）に対して地域医療臨床実習の一環として地域リハビリテーション医学研修（2 週間プログラム）を実施しました。



【業績】

講演・シンポジウム

- 1) Toshihiko O, Kikuo O: Lancheon Seminar 9, Community-Based Rehabilitation with Robotic Technology in Toyota City. 13th World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine; Kobe, Japan. 2019.
- 2) 太田喜久夫：豊田市療法士会に期待する事ー豊田加茂地域リハビリテーション懇話会の立場から。令和元年度豊田市療法士会講演会；豊田市。2019。
- 3) 太田喜久夫、松浦広昂：医科歯科連携から考える摂食嚥下と口腔ケアー嚥下動態に影響する姿勢ー口腔相から食道相まで。三重県保険医協会医科歯科連携研究会；津市。2019。
- 4) 太田喜久夫、鈴木めぐみ、近藤和泉、内藤真理子：パネルディスカッションー外傷性脳損傷による高次脳機能障害を持つ当事者の QOL 変遷の検討。第 56 回日本リハビリテーション医学会学術集会講演会；神戸。2019。

- 5) 太田喜久夫：シンポジウム-高次脳機能障害を有する外傷性脳損傷患者の主観的および客観的 QOL 評価法について。第 56 回日本リハビリテーション医学会学術集会講演会；神戸。2019.

文献

- 1) Megumi S, Mariko N, Kikuo O, Klaus R.H. von Wild, Eiichi S, Izumi K: Validation of the Japanese Version of the Quality of Life after Brain Injury(QOLIBRI) Scale. Brain Neurorehabil. 2019;12(2) ; e18.
- 2) 太田喜久夫：特集 リハビリ患者さんの“食べたい”を全力で支えるケア I 章 1 摂食嚥下機能を理解するための解剖生理。リハビリナース。2019；秋季増刊：8-20.
- 3) 太田喜久夫：特集/これでなっとく！摂食嚥下機能評価のコツ III. 機器を用いた評価。嚥下内視鏡検査(1)正常所見と異常所見。MB Med Reha. 2019；240：70-78.
- 4) 松浦広昂，太田喜久夫：プライマリ・ケア医に役立つリハビリテーション医学のポイント。プライマリ・ケア。2019；4 (2)：22-26
- 5) 松浦広昂，太田喜久夫：プライマリ・ケア医に役立つ誤嚥性肺炎に対するリハビリテーション。プライマリ・ケア。2019；4 (3)：24-29
- 6) 松浦広昂，太田喜久夫：プライマリ・ケア医に役立つサルコペニアに対するリハビリテーション。プライマリ・ケア。2019；4 (4)：22-26
- 7) 松浦広昂，太田喜久夫：プライマリ・ケア医に役立つ糖尿病に対するリハビリテーション。プライマリ・ケア。2020；5 (1)：28-32

発表

- 1) Ota K, Matsuura H, Onogi K, Yoshihasi E, Kageyama S, Kikuchi D, Chinzei K: Effect of visual feedback treadmill walking exercise using FES system for stroke outpatients with hemiplegia. - 2 cases pilot study. 13th World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine; Kobe, Japan. 2019.
- 2) Aoki Y, Ota K, Fuse I: Patients with severe dysphagia in esophageal phase tend to suffer from aspiration pneumonia. 13th World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine; Kobe, Japan. 2019.
- 3) Ota K, Matsuura H, Nakagami H: Intensive exercise using Balance Exercise Assist Robot; BEAR can support learning balance ability in healthy subjects. 14th World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine; Orlando, Florida. 2020.
- 4) 太田喜久夫，松浦広昂，景山重幸，鎮西和也，菊池 暖，永田紘丈：脳卒中片麻痺患者に対する視覚フィードバックを用いた FES 併用トレッドミル歩行練習の効果。第 35 回日本義肢装具学会学術大会；仙台。2019.
- 5) 太田喜久夫，松浦広昂，飯田 操，浅野路子：上喉頭神経干渉波刺激の効果検証を実施した症例の検討。第 25 回日本摂食嚥下リハビリテーション学会；新潟。2019.
- 6) Matsuura H, Ota K, Otaka Y: Seamless activity monitoring system using a waist-worn 3D - accelerometer for inpatients and outpatients. 14th World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine; Orlando, Florida. 2020.
- 7) 松浦広昂・太田喜久夫：バランス練習アシストロボット (Balance Exercise Assist Robot : BEAR) の当院での取り組み。第 28 回豊田加茂医会；豊田。2019.
- 8) 松浦広昂・太田喜久夫・飯田 操・遠藤志帆・柴田和宏：経口摂取のない人における胃泡の有無の調査。第 25 回日本摂食嚥下リハビリテーション学会；新潟。2019.
- 9) 松浦広昂・太田喜久夫：活動量測定 (からだステーション) の当院での取り組み。2019 年度豊田加茂地域医療連携交流会；豊田。2019.
- 10) 松浦広昂・太田喜久夫・大高洋平：低速度歩行対応型 3D 加速度計モニタリングシステムを用いた入院中から退院後のシームレス活動量評価の試み。第 46 回日本リハビリテーション医学会中部・東海地方会；名古屋。2019.

機器展示

2019 年 6 月 9 日-13 日 13th World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine;
Kobe, Japan.

2020 年 2 月 19 日 令和元年度 中部地域 地域版ネットワーク会議 ロボットPJ ポスター展示, 名古屋国際センター

2020 年 3 月 4 日-9 日 14th World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine;
Orlando, Florida.