

運動指導で用いられる言語表現の知識化と 現場での評価技術の開発

西村 拓一^{†1} 西村 悟史^{†1} 吉田 康行^{†2} 梁 滋路^{†1} Huizhi LIANG^{†1}
中井信一^{†3} 中井理恵^{†3} 鴻巣 久枝^{†4} 今泉 一哉^{†5} 丸山剛生^{†2}

概要: 生活習慣病の増加や高齢化に伴い、個人的にも国家的にも健康志向となっている。そこで、高齢化に伴い重要性が高まっている健康増進において、分かりやすく客観的な運動指導を支援することを目指している。しかし、運動による健康増進が盛んになる一方、複雑な動きを伝えるための例示や言語表現は曖昧で受け取り方も異なる場合があり、分かりやすく客観的な指導を行うことが困難である。そこで、本研究では、認知症に効果的といわれるダンスの基本的な動きを取り上げ、この動きに関する言語表現を運動学因子によって身体的に評価し、これらの関係を知識化し現場で活用可能にする。さらに、この言語表現に関する動きを現場で簡易評価する方法を開発することで分かりやすく客観的な運動指導を支援する。

キーワード: 健康増進, コーチング支援, 動作の質, 体幹, 障害予防

Development of Knowledge of Texts and On-site Evaluation Technologies for Exercise Coaching

Takuichi NISHIMURA^{†1} Satoshi NISHIMURA^{†1} Yasuyuki YOSHIDA^{†2}
Zilu LIANG^{†1} Huizhi LIANG^{†1} Shinichi NAKAI^{†3} Rie NAKAI^{†3}
Hisae KONOSU^{†4} Kazuya IMAIZUMI^{†5} Takeo MARUYAMA^{†2}

Abstract: Today, the ratio of the lifestyle-related diseases has increased to approximately 30%, and Nation as well as people is getting more and more health-conscious. In particular attention has been made to quality of movement because it is key for injury prevention, sports progress, and beauty. And various coaching methodologies have been proposed to increase the effectiveness of the coaching with example movements, verbal explanation and onomatopoeia. However, as the physical movement has large amount of degree of freedom, the coaching tend to subjective and with little objective evidence. In order to make the coaching more explicit and to evaluate the body movement on coaching site, we propose new framework to enhance the coaching. The key words and the related movements are evaluated and structured by using biomechanics and knowledge engineering technologies. And onsite evaluation technologies will be proposed by using Accelerometer or pressure sensors. This framework will develop health promotion community, including teachers and physical therapists.

Keywords: Health Promotion, Coaching Support, Quality of Motion, Trunk, Injury Prevention

1. はじめに

近年、我が国をはじめとする先進諸国の多くは急速な高齢化に伴う介護・医療コストの増大に直面しており、健康増進の重要性が高まっている。健康増進に重要な運動においては、様々な種目および指導現場が存在し、特定の種目に関するスキルの指導が中心になることが多い。しかし、ケガ予防や上達促進のためには、体幹や身体全体の連携動作

など各種運動に共通で基本的な動きの習得が重要である。さらに、人の運動は複雑な多関節運動であり、目標とする動きを分かりやすく客観的に伝えることが困難である。

通常、指導時には言葉による説明と指導者が動きを見せる例示を併用する。例示では、現状の生徒の動きを再現したり、理想の動きを示すが、言葉による説明は例示のポイントを明確にしたり、理想の動きに近づけるためのイメージとなることが多い。しかし、例示では、筋肉の動きの結果となり、そもそもどのように動けば良いかわかりにくい。言語表現は、その動き方の印象やイメージを説明するが、言葉の表現は人によって異なり、ある一つの動作を表現するために、何通りもの言語表現が存在する。

そこで、本稿では、これらの課題を解決し、指導者が分かりやすく客観的に伝えることを支援する客観的で明らかな

^{†1} 産業技術総合研究所 人工知能研究センター
AI Research Center, AIST

^{†2} 東京工業大学 リベラルアーツ研究教育院
Institute for Liberal Arts, Tokyo Institute of Technology

^{†3} ダンスジャルダン大森山王ステューディオ
Dance Jardin Omori Sanno Studio

^{†4} 公益社団法人 日本ダンススポーツ連盟
Japan Dance Sport Federation

^{†5} 東京医療保健大学 医療情報学科
Faculty of Healthcare, Tokyo Healthcare University

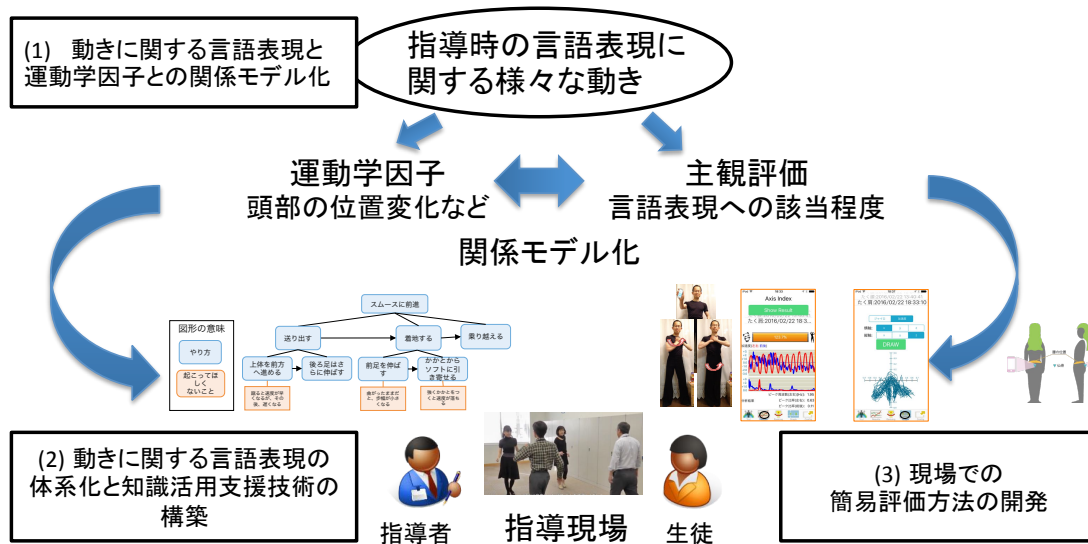


図1 客観的で明朗な運動指導支援の枠組み
 Figure 1 Proposed framework of support technologies for objective and explicit coaching.

運動指導支援の枠組みを提案する。客観的で明朗な運動指導を支援するためには、動きに関する言語表現を運動学因子によって身体的に評価することが重要である。これにより、例示動作の運動を明確に示し、その動作に関する言語表現と運動との関係を求めることができる。また、これらの関係を知識化することで現場においてさらに知識を収集蓄積し、活用可能とすることも重要である。

また、体性感覚のズレやイメージの誤りにより、生徒は指導の通りに動いていると思い込んでいる場合もある。指導した言語表現の程度を誤り、修正しすぎて行き過ぎている場合もあり客観評価と指導の一体化が重要である[1]。指導の現場では携帯端末などによるビデオ撮影が広がりつつあるが、未だ経験と主観による指導が主となっている。そこで必要となるのが、指導時の例示や言語表現に関する動きを現場で簡易評価する方法を実現することである。

次節では、関連する従来の取り組みを説明し、3節で客観的で明朗な運動指導支援の枠組みを提案する。4節で例示動作の運動とその動作に関する言語表現を明確に示すための動きに関する言語表現と運動学因子との関係モデル化について説明する。5節では、動きに関する言語表現の体系化と知識活用支援技術の構築の方法と具体例を示し、6節で現場での簡易評価方法の開発の現状を説明する。7節でまとめる。

2. 研究動向

動きに関する言語表現と運動学因子との関係を探求する研究として、感性工学分野の研究[2]があげられる。しかし、2次元的な動きと印象語との関係を主眼においており、3次元空間の人間の多関節運動の分析やその知識化方法に関しては含まれていない。また、現場での簡易計測技術に関

しては、遠隔で運動指導を実現した e-Learning システムの研究[3]が先進的である。しかし、本研究のように、言語表現と運動学因子との関係の知識化は想定されていない。

3. 客観的で明朗な運動指導支援

図1のように、まず、動きに関する言語表現を運動学因子によって身体的に評価し、これらの関係を知識化し現場で活用可能とする。さらにこの言語表現に関する動きを現場で簡易評価する方法を開発することで分かりやすく客観的な運動指導を実現する。

下記の3つの研究課題をアジャイル的に繰り返すことで指導現場の指導の明確化と生徒の理解向上を支援する。

(1) 動きに関する言語表現と運動学因子との関係モデル化

様々な熟練度の動作者が、各種運動に含まれる前進、回転、ジャンプなどの動作を行い、この動作がどれだけ基本的な動きに関する言語表現に該当するか、指導者と生徒が主観評価する。同時に、この動作をモーションキャプチャなどで計測し運動学因子を求める。これにより、例えば、「体幹が強い」という言語表現に当てはまる程度は「頭部の位置変化量」と負の相関があるなど、主観的な言語表現と客観的な運動学因子との関係をモデル化する。

(2) 動きに関する言語表現の体系化と知識活用支援技術の構築

研究課題(1)の結果から、運動学因子に基づいた言語表現同士の関係(同意、包含関係、反意など)を求め、知識工学により基本知識として体系化(知識化)する。これらの

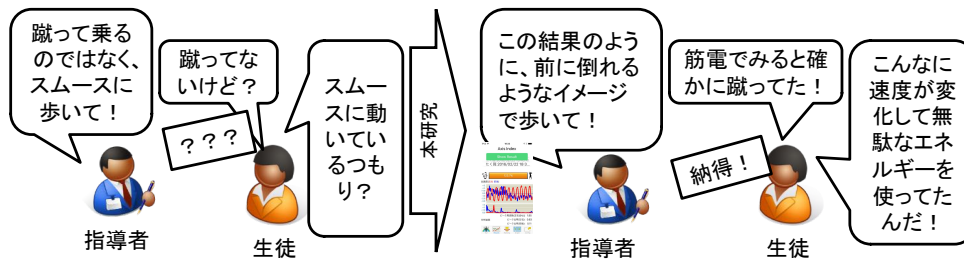


図2 本技術の効果イメージ
Figure 2 Image of proposed research effects.

基本知識をベースに、さらに現場固有の知識が収集蓄積され、利活用が進む技術をダンスの指導現場で実運用できるよう開発する。すでに我々が取り組んでいる知識発現支援技術[4]を応用して構築する。

(3) 現場での簡易評価方法の開発

言語表現への適合度を現場において簡易評価する技術を開発する。研究課題(1)の結果を基に、センサの種類や身体への設置方法を指導者と連携して見極める。すでに試作した体幹力評価アプリ[5]の改良とともに、体幹、重心移動に関する重要度の高い言語表現の計測技術を開発する。

本提案では、解明が非常に困難とされている身体の「軸」や身体の複雑な動きの解明を目的とはしていない。指導の明確化に必要な客観的データを集め、さらに現場から様々な流儀の指導法と指導実態を知識化する点に焦点をあてている。これにより、健康増進において課題となっている指導の明確化と指導表現の体系化を実現できるため、指導効率の向上、ケガ予防の促進、上達の促進が可能となり、介護や医療コストが低減できると考える。

これらの研究により、指導者は簡易計測結果をもとに明確な言語表現で説明でき、生徒も自身の動きを客観的に把握できることで、図2のように指導効果が向上することを目指す。また、将来的には、現場指導の方法や結果が莫大に知識化されるため、計測データを基にして「軸」や複雑な動きの解明、運動教育指導の体系化も可能になるかもしれない。

具体的な指導現場として、認知症予防にもっとも効果的という報告があるダンス現場[6]において、他のさまざまな種類の運動に共通な基本的な動きに焦点をあてて研究を推進しており、次節以降の具体例として紹介する。

4. 動きに関する言語表現と運動学因子との関係モデル化

図1のように様々な熟練度の動作者が、各種運動に含まれる前進、回転、ジャンプなどの動作を行い、この動作がどれだけ基本的な動きに関する言語表現に該当するか、指

導者と生徒が主観評価する。同時に、この動作をモーションキャプチャなどによって計測し運動学因子を求める。

4.1 動きに関する言語表現

具体的に、体幹力、重心移動という動きに関して、指導現場で用いられる言語表現を対象とする。図3の示すように、指導現場では様々な言語表現が用いられており、他に、「自然に」、「力を抜いて」、「力強く」、「軸を保って」、「丹田を意識して」、「蹴りださない」、「ボディ先行」、「足を意識しない」などがあげられる。この中で、各種運動に含まれる前進、回転、ジャンプなどの動作を選択する。計測時には、この動作がどれだけ基本的な動きに関する言語表現に該当するか、指導者と生徒が主観評価する。

4.2 運動学因子の計測と分析

基礎となる動作をモーションキャプチャ、床半力系、筋電、加速度計などで計測し筋骨格モデルを用いて、時空間因子（歩行速度、ケイデンスなど）、関節回りの力学（関節モーメント、衝撃力など）の運動学因子を求める。具体例として、図3にモーションキャプチャ計測環境とマーカ設置位置、図4に筋電計の一例を示す。

他に、言語表現は、運動時のイメージを与えていることも多いため、メンタル面との相関を見るための脳波も収集する。例えば、「鳥のようなイメージで」動いた場合と「力強く」動いた場合の脳波が異なる可能性もある。

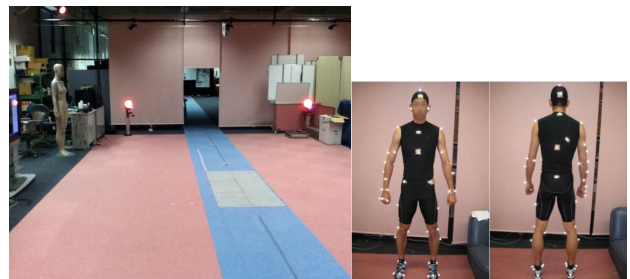


図3 モーションキャプチャ計測環境とマーカ設置位置
Figure 3 Motion capture room and markers.

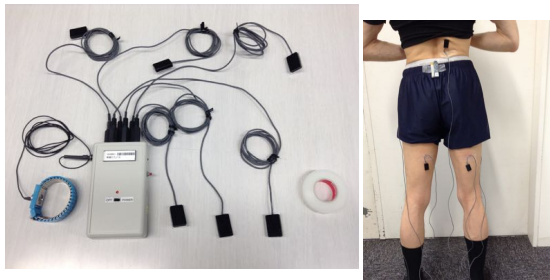


図4 筋電計と設置位置の例

Figure 4 A sample of electromyography and the positions.



図5 体幹捻転動作の様子

Figure 5 A scene of trunk torsion movement.

4.3 関係モデル化

ある言語表現の動きに関して、主観評価した結果と運動学因子の結果の関係を調べる。例えば、「体幹が強い」という言語表現に当てはまる程度は「頭部の位置変化量」という運動学因子と負の相関があるなど、主観的な言語表現と客観的な運動学因子との関係をモデル化することになる。また、この運動学因子により言語表現同士の関係も調べることができる。さらに、指導者による言語表現の捉えからの違いや、生徒の受け取り方の違いもモデル化できる。

4.4 具体例

これまでに日本ダンススポーツ連盟の審判員やプロのダンス講師、世界ダンススポーツ連盟出版の教本などの調査から、体幹力および片足から他の足への重心移動が様々な運動で重要であることを見出した。そこで、体幹のひねり運動に注目し、この動きを表す体幹バネモデルを提案し、「自然さ」と「力強さ」で評価している[5]。「自然さ」は表層筋群ではなく深層筋群で軸周りにひねることで、軸がぶれずスムーズな回旋を実現することで評価が高まる。力強さは、周期が短いほど評価が高まる。つまり、軸がぶれないように、なるべく速く回旋することで体幹の強さを評価している。

体幹捻転バネモデルを検証するために、捻転動作をモーションキャプチャおよび床反力系で計測した。マークは、産総研のマークセット[7]の中の8点(REAR, LEAR, RSHO, LSHO, RHIP, LHIP, RANK, LANK)を用いた。肩の角度をRSHOからLSHOへの(x,y)平面での角度、腰の角度は、RHIP, LHIPを用いて同様に算出した。体幹捻転角度は、肩と腰の角度の差で求めた。また、回転軸周りのトルクを求めるため、一枚の床半力系に乗って捻転動作を行った。動作としては、頭を引き上げ軸を意識して自然に回旋した場合(good)と力任せに回旋した場合(bad)の2タイプで計測した。図5に動作の様子を示す。

図6から図9にて計測結果を示す。図6では、Good動作時の肩と腰の角度変化を示した。肩は-35度から35度程度回旋しており、腰は、4倍の周波数で肩とはほぼ逆方向へ小さく回旋している。図7には、Bad動作時の肩と腰の角度変化を示した。肩は-60度から60度程度と大きく回旋しているが、振幅の変動が大きい。腰は、4倍の周波数で肩とはほぼ逆方向へ小さく回旋している。腰は、ほぼ同じ方向へ大きく回旋し軸が左右に移動している。これは、表層筋群で力任せに動かしているためと考えられる。

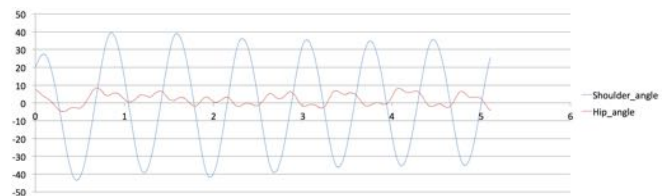


図6 Good動作時の肩と腰の角度変化

Figure 6 Angle of Shoulder and hip(Good movement).

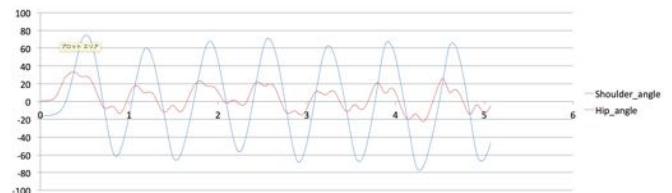


図7 Bad動作時の肩と腰の角度変化

Figure 7 Angle of Shoulder and hip(Bad movement).

図8には、Good動作時の床トルクと体幹捻転角度の変化を示した。肩が最も回旋した直後に反対方向へのトルクがピークとなることで、振動を継続させていることがわかる。図9はBad動作時であるが、トルクが約2倍になっているものの、体幹捻転角度は、Good時の約30度から約40度へと30%程度の上昇にとどまっている。

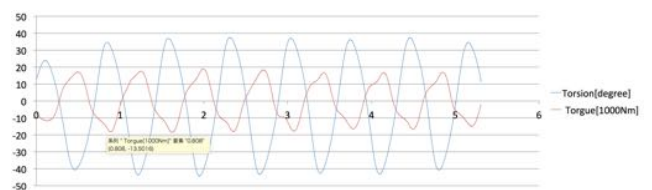


図8 Good動作時の床トルクと体幹捻転角度の変化

Figure 8 Floor torque and trunk angle(Good movement).

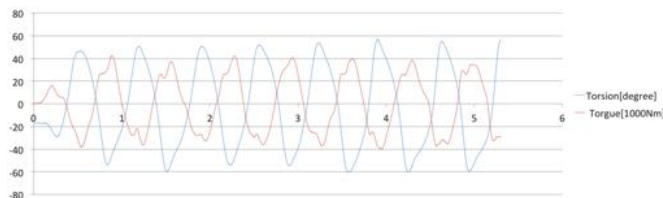


図9 Bad 動作時の床トルクと体幹捻転角度の変化
 Figure 9 Floor torque and trunk angle(Bad movement).

これは、一例であるが、ある動きに関して様々なレベルの動きの運動学因子と主観評価との関係を教師あり学習することで、主観評価の明確化が可能となる。

5. 動きに関する言語表現の体系化と知識活用支援技術の構築

5.1 動きに関する言語表現の体系化

4節で得られた知見と言語表現と運動学因子の知識を構造化、再利用可能とするための、関係を記述する枠組みを構築する。すでに、教科書の知識を目的別に表現し、現場のメンバーが自らの知識を客観的に把握し記述していく知識発現支援技術[4]を構築しており、これを改良する。例えば、図10のように「自然な動き」を実現するために、表層筋群ではなく深層筋群で動く、足で蹴りださない、重力を活用する、身体全体の連携が関係づけられる。

また、「身体全体の連携」を実現するために、体幹から動く、「地面の力を足、脚胴体、他の四肢へ順に伝える」ことが

必要となる。さらに「足で蹴る」の運動学因子は、足と重心の水平方向の差異により重力で移動が始まる加速度より、地面を蹴ることにより大きな加速度となることと説明できる。

これらの言語表現間の関係は、図10のように知識発現支援技術[4]を改良し、運動学因子の分析により求められた関係をもとにオントロジーで記述していく。

5.2 知識活用支援技術の構築

現場において、前節で構築された知識を活用し指導実施結果を記録、蓄積可能とする。すでに申請者等が開発している申し送り支援技術 DANCE[8]を活用し、カルテのように6節で計測した生徒の様々なデータを前節で構築された知識に関連付けて蓄積することで、図10に、さらに現場固有の知識を構造化して蓄積できる技術を構築する。

指導現場として、すでにスタジオジャルダン（大森）の社交ダンスのプロ教師と連携し、本研究を導入したサークルを構築している。すでに承認された産総研の人間工学実験計画（人 2016-694）に応じてアンケート（氏名、年齢層、性別、運動歴、楽しかったか、今後の希望など）、姿勢（カメラ）、体幹捻転（体幹計測アプリ[5]、ビデオ）、股関節回旋（体幹計測アプリ[5]、ビデオ）、重心動揺（Wii ボードによる簡易計測、ビデオ）を収集し始めている。

現場において図10の知識にさらに説明言語やノウハウ、事例などを追加する知識発現ワークショップ[4]を実施し、知識活用支援技術により新たな現場の知識を継続的に収集する。

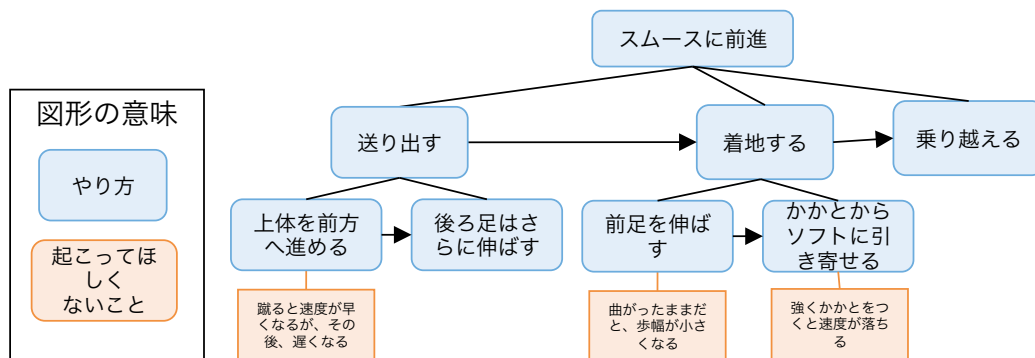


図10 知識表現の例(重心移動の場合)

Figure 10 An example of Knowledge expression(Change center of gravity).

6. 現場での簡易評価方法の開発

6.1 実験室計測による評価方法の開発

センサとしては、現場での普及可能性を考慮し、すでに市販されているセンサ内蔵の携帯端末や、小型センサを用いることを前提とする。4節の結果により、どの部位にどのようなセンサをどのように設置すれば、簡易計測可能か決定し、さらにセンサも使用した実験室実験により評価方法を確立する。体幹力や片足から他の足への重心移動に関して開発する。例として、図11に加速度センサ、図12

に脳波計を示す。いずれも、スマホなどの携帯端末と連携してデータを収集分析可能である。

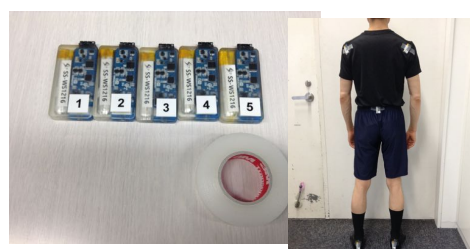


図11 加速度センサの例

Figure 11 A sample of accelerometer.



図12 脳波計の例

Figure 12 A sample of electroencephalograph.

6.2 現場における評価方法の開発

前節で開発した簡易計測方法を、実際の指導現場で指導者が活用することで、さらに改良する。5節で述べたように指導方法、指導結果とリンクして蓄積し、評価方法を改

良する。

7. おわりに

本稿では、客観的で明瞭な運動指導支援の枠組みを提案した。その中では、まず、例示動作の運動とその動作に関する言語表現を明確に示すための動きに関する言語表現と運動学因子との関係モデル化を行う。また、動きに関する言語表現の体系化と知識活用支援技術の構築の方法と具体例を示し、現場での簡易評価技術を説明した。

今後の課題として、本枠組みに具体的にとりくみ、図13のように現場での運動指導ノウハウの蓄積、指導方法論の構築による指導効果の向上を支援し、その効果評価方法も開発化して、本枠組みの効果を示すことである。

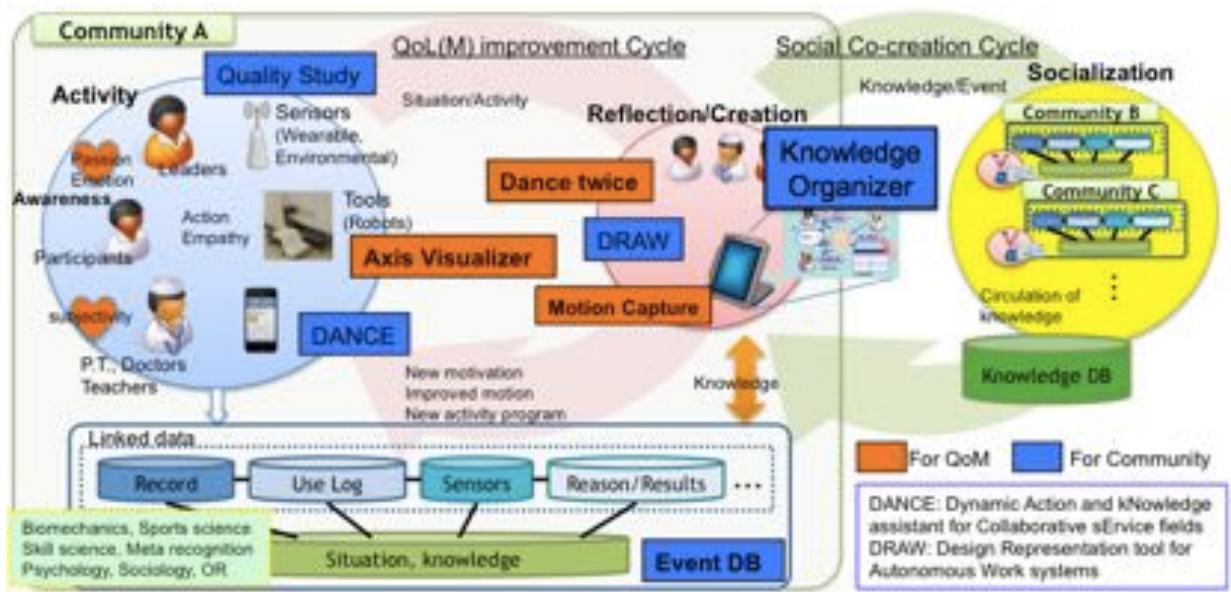


図13 健康増進コミュニティ支援の全体像

Figure 13 Health promotion community support.

謝辞 本成果の一部は、経済産業省ロボット介護機器開発・導入促進事業、NEDO「次世代ロボット中核技術開発事業次世代人工知能技術分野および科研費(24500676, 25730190)で実施された。また、日頃から運動することにご協力頂いた皆様に、謹んで感謝の意を表する。

参考文献

[1] 後藤幸弘(2003)「技能の評価と指導の一体化を目指して-教育内容の明確な授業のために-」, 体育科教育学研究, 20(1):15-26
 [2] 田中雅人, 感性情報を定量化する試み -「うまさ」と空間的・時間的物理量-, 愛媛大学教育学部保健体育紀要, 61:111-116, 2014.
 [3] 戦略的創造研究推進事業, 平成26年度研究開発実施報告書, 「経験価値の見える化を用いた共創的スキル・ラーニングサービスの研究と実証」, https://www.ristex.jp/examin/service/pdf/H26_houkoku_ASAMA.pdf
 [4] 西村悟史, 西村拓一ら, 現場ごとの多様な介護業務プロセス知識の獲得方法の検討, 人工知能学会第28回 知識・技術・技能

の伝承支援研究会, SIG-KST-028-04, 2016.

[5] 西村 拓一, 西村 悟史, 長尾 知香, 大久保 賢子, 吉田 康行, 今泉 一哉ら, Axis Visualizer: 体幹ひねりで楽しく健康!, インタラクシオン2016, 3B15, 2016.
 [6] Verghese J, et al., Leisure activities and the risk of dementia in the elderly, New England Journal of Medicine 2003;348:2508-2516, 2003.
 [7] 産総研マーカーセット, <https://www.dh.aist.go.jp/database/gait2015/index.html#marker>, 2015.
 [8] 福田賢一郎, 中島正人, 福原知宏, 渡辺健太郎, 西村拓一, 本村陽一, 介護現場における情報の収集と利用, 2015 年度人工知能学会全国大会(第29回)論文集, 1K5-NFC-05b-2, 2015.
 [9] 長尾 知香ら, 健康促進サービスの基盤となるコミュニティ支援技術の検討, サービス学会第2回国内大会, 2015.
 [10] 西村 拓一ら, Axis Visualizer: 体幹ひねりで楽しく健康! - Visualize Quality of Motion (QoM) -, インタラクシオン2016, インタラクティブセッション 3B15, 2016.
 [11] 西村 拓一ら, 楽しく動作の質を向上する健康増進コミュニティ支援技術, 情報処理学会第98回GN研究会, No.98-9, 2016.