

Editorial

高齢化社会におけるフレイルとロボットの適用

近藤和泉¹¹国立研究開発法人国立長寿医療研究センター

Kondo I. Frailty in an aging society and the applications of robots. Jpn J Compr Rehabil Sci 2019; 10: 47-49.

日本の高齢化の現状

65歳以上の高齢者（以下、高齢者）人口は、1950年以降、一貫して増加し、2012年に3,000万人を超え、2018年9月15日現在の推計では3,557万人となっている[1]。総人口に占める高齢者人口の割合は28.1%となり、前年（27.7%）と比較すると、0.4ポイント増え、過去最高となった。国立社会保障・人口問題研究所の推計によると、この割合は今後も上昇を続け、第2次ベビーブーム期に生まれた世代が65歳以上となる2040年には、35.3%になると見込まれている。一方生産年齢人口は、2029年に6,951万人と7,000万人を割り、2065年には4,529万人となると推計されている[2]。65歳以上の高齢者人口と15～64歳人口の比率は、1950年には1人の高齢者に対して12.1人の現役世代（15～64歳の者）がいたのに対して、2015年には高齢者1人に対して現役世代2.3人になっている。今後、さらに現役世代の割合は低下し、2065年には、1人の高齢者に対して1.3人の現役世代という比率になるとされている。このような急速な高齢化と生産年齢人口の減少は、高齢者医療費の上昇、社会保障給付の増加、さらには福祉人材の不足、さまざまな高齢者施策のための財源確保が困難となることなどの問題がさらに顕在化させると予想されている[3]。

高齢化社会におけるロボットニーズ

このように急速に進展している高齢化社会で、われわれが取り組んでいかなければならない三つの大きな課題は、1) 認知症、2) フレイルおよび3) エンドオブライフとされている。これらの課題、特にフレイルに関して、高齢化に伴う労働資源の減少の中で、高

齢者の生活を支え、可能であれば機能の改善・維持を図って健康長寿を実現するためには、ロボットの生活導入が不可欠であると予想される。一方、高齢者の家族の調査では、負担がかかる介護の代行を中心として、ロボットに対する期待が大きい[3]。また高齢者の日常生活上のロボットニーズを調べるための研究では、現状ではロボットを使う希望は少ないながら、将来の生活、特に加齢に伴う機能の低下を考慮すると、高齢者がロボットを近いうちに使うことになるであろうと感じているとされている[4]。介護を前提としなくても、移動手段の確保、健康の維持、安全保持および社会との交流などで必要とされている。しかし、このようなニーズに対応するためには、所有者の要求に応じてロボットが学習し、行動を修正できなければならないとされている[5]。ロボットは掃除、手術および監視カメラの分野ではすでに十分な有用性を確保しているといえるものの、現状では上記のようなニーズを満たすところまでには達していない。

転倒とフレイル

転倒は、抗重力的な姿勢をとって生活していく上で避けられない事象だが、特に人間は二足歩行をする動物であり、その重心点が高い位置にある割にはバランスを保つ支持基底面が狭いため転倒する頻度が高くなる。高齢者では、加齢に伴って反応時間が遅くなり[6]、筋力も低下していく[7]ことから、その傾向はさらに大きくなる。若年者の場合、転倒が重大な事故につながることは少ないが、高齢者では転倒して受ける外力に対する防衛機能が十分に働かず、骨折や頭蓋内の出血など重大な損傷を招く危険性がある。転倒はさらに心理的な負担も増大させ、再び転倒することに対する恐怖、すなわち転倒恐怖（fear of falling）につながっていく[8]。転倒恐怖を生じさせる要因は女性、身体能力、痛み、既存障害、介護体制の不備、低活動および過去の転倒歴などがあげられているが、どの報告でも過去の転倒歴が一貫した要因として挙げられている。転倒恐怖は身体を動かすことに対する意欲を減少させ、さらに意欲低下は不活動につながり、不活動は筋力低下を助長し、筋力低下によってバランスが悪くなり、さらに転倒が起こりやすくなる[9]。したがって、加齢に伴うバランス能力の低下から始まり、転倒→転倒恐怖→低活動→筋力低下およびSarcopenia→さらなるバランス能力の低下という、フレイルを助長する悪性サイクルの回路が想定できる。このためバランス能力を底上げし、転倒を予防する必

著者連絡先：近藤和泉
国立研究開発法人国立長寿医療研究センター
〒474-8511 愛知県大府市森岡町7-430
E-mail: ik7710@ncgg.go.jp
2019年3月21日受理

本研究において一切の利益相反や研究資金の提供はありません。

要がある。これまでリハビリテーションで行われてきたバランス能力を改善させる試みは、難易度が高すぎて、運動学習を行うのに適切でなかったり、逆に難易度が低すぎて、つまらないためにすぐに飽きてしまい、毎日持続する意欲につながらないものが多かった。

フレイル克服に向けたロボットの活用の試み

バランス障害とそれによる転倒を起点としたフレイルの悪性サイクルからの脱出を考える場合、ロボットの適応が想定される。われわれは藤田医科大学とトヨタ自動車が開発したバランス訓練ロボット (Balance Exercise Assist Robot: BEAR) を地域在住のフレイルを伴った高齢者に利用した試みを行い、通常訓練と比べて大きな訓練効果を見込めることを実証した [10]。また入院中の患者では、入院当初の転倒が多いとされているが、それについて多いのは、リハビリテーションによって機能回復が進んで活動レベルが改善した段階での転倒であるとされている [11]。脳卒中や下肢の骨折などで、一時的に歩行不能となった患者は、リハビリテーションの経過の中で、歩行器での歩行を行い、徐々にバランス保持能力と筋力を改善させていくフェーズがあり、安全確保のために、介助〜見守りが必要となるが、この時期にもロボットの適応がある。名古屋大学と共同して、この時期に使う歩行補助ロボットに転倒防止の仕組みを導入する試み (インテリジェント杖ロボット) を行っている [12]。

さらにフレイルの進行予防のためには、リハビリテーションが終わった退院後も十分な活動量を維持する必要がある。このフェーズでも転倒恐怖が大きな影響を与えるが、高齢者の体重心の動揺の範囲を限定するだけでも、転倒恐怖を和らげることができる可能性がある。立位時、物に軽く触れるだけ (light touch) でも、重心動揺が軽減されるという知見があり [13]、これもやはり名城大学との共同開発を行い、軽量の杖によって light touch を実現し、それをバーチャル・リアリティ環境を装備したトレッドミル (Gait Real-time Analysis Interactive Lab: GRAIL) 上でテスト走行する試みを行っている。

まとめ

冒頭でも述べたとおり、高齢化とそれに伴って起こるフレイルの増大は、さまざまな問題を生じさせるが、ロボットの特性を活かした適用を行うことによって、それを防ぎ、さらに開発されたロボットを商品化することを通じて、産業育成の一助ともなっていくと考えられる。高齢化のトップランナーである特性を活かして、高齢化へのロボットの適応でも世界のトップであることが、持続可能な経済成長と高齢者の successful life を実現していく上で、重要な価値を持つと考える。

文献

1. Ministry of Health, Labour and Welfare. Population of Elderly. <http://www.stat.go.jp/data/topics/topi1131.html> (cited 2019 January 20).
2. The Cabinet Office. White Paper of Aging Society 2018. Current situation and future of aging. https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2017/html/zenbun/s1_1_1.html (cited 2019 January 20).
3. Faucounau V, Wu YH, Boulay M, Maestrutti M, Rigaud AS. Caregivers' requirements for in-home robotic agent for supporting community-living elderly subjects with cognitive impairment. *Technol Health Care* 2009; 17: 33–40.
4. Wu YH, Cristancho-Lacroix V, Fassert C, Faucounau V, de Rotrou J, Rigaud AS. The attitudes and perceptions of older adults with mild cognitive impairment toward an assistive robot. *J Appl Gerontol* 2016; 35: 3–17. doi: 10.1177/0733464813515092
5. Pearce AJ, Adair B, Miller K, Ozanne E, Said C, Santamaria N, et al. Robotics to enable older adults to remain living at home. *J Aging Res* 2012; 2012: 538169.
6. Svetina M. The reaction times of drivers aged 20 to 80 during a divided attention driving. *Traffic Inj Prev* 2016; 17: 810–14. doi: 10.1080/15389588.2016.1157590
7. Frontera WR. Physiologic changes of the musculoskeletal system with aging: a brief review. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2017; 28: 705–11. doi: 10.1016/j.pmr.2017.06.004
8. Vellas BJ, Wayne SJ, Romero LJ, Baumgartner RN, Garry PJ. Fear of falling and restriction of mobility in elderly fallers. *Age Ageing* 1997; 26: 189–93.
9. Delbaere K, Crombez G, Vanderstraeten G, Willems T, Cambier D. Fear-related avoidance of activities, falls and physical frailty. a prospective community-based cohort study. *Age Ageing* 2004; 33: 368–73.
10. Ozaki K, Kondo I, Hirano S, Kagaya H, Saitoh E, Osawa A, et al. Training with a balance exercise assist robot (BEAR) is more effective than conventional training for frail elderly. *Geriatr Gerontol Int* 2017; 17: 1982–90. doi: 10.1111/ggi.13009
11. Teranishi T, Sakurai H, Ohtsuka K, Yamada M, Tsuzuki A, Miyasaka H, et al. The analysis of falls in a convalescent rehabilitation ward—consider from the decision tree classification by management methods of basic actions. *Jpn J Compr Rehabil Sci* 2013; 4: 7–13.
12. Nakagawa S, Hasegawa Y, Fukuda T, Kondo I, Tanimoto M, Di P, et al. Tandem stance avoidance using adaptive and asymmetric admittance control for fall prevention. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 2016; 24: 542–50.
13. Jeka JJ. Light touch contact as a balance aid. *Phys Ther* 1997; 77: 476–87.