

新奇な人工物の利用学習時のメンタルモデル構築への加齢の影響 —除雪機の旋回方法の学習に焦点を当てて—

須藤智[†], 前東 晃礼[†], 祝原 豊[†], 竹下 正敏[‡], 金沢 敦[‡] 田内 武史[‡]

[†] 静岡大学, [‡] ヤマハモーターパワープロダクツ株式会社 PP開発部

概要

エンジン付きの小型除雪機を用いて身体スキルの学習が要求される人工物のメンタルモデルの構築に対する加齢の影響を検討した。大学生と高齢者を対象としたユーザビリティテストを実施した結果、旋回方法のメンタルモデル構築において、大学生は操作によって生じる身体への不快なフィードバックをメンタルモデル構築に利用し精緻化できるが、高齢者は十分に利用できない可能性が示唆され、メンタルモデルの構築に加齢の影響が認められる可能性が示唆された。

キーワード: 認知的加齢, メンタルモデル, 人工物のユーザビリティ

1. 問題と目的

加齢による身体・認知機能の機能低下は、日常、業務での様々な活動に不自由を生み出す。その不自由さを解消し活動を継続させる方法の一つとして、身体・認知機能の低下を補償しその活動をサポートする新奇の人工物を利用することが考えられる。実際に、身体機能の低下によって農作業に困難が生じた場合、利用可能な農作業機械を使い、可能な範囲で継続することを可能にした事例（らくらく農法（寺岡，2014）等）がある。

しかし、新奇の人工物を新たに使い始めることには、高齢者に特有の「新奇の人工物を新しく学習することの難しさ」の問題がある。人工物の操作では、ユーザと人工物の相互作用によってメンタルモデルを構築、精緻化し正しい（適切な）操作ができるようになると考えられ、そのプロセスそのものが人工物の操作学習過程と考えられる。

新奇の人工物の学習として、スマートフォンのような新奇な情報機器の学習では、高齢者と若年者の異なる様相が報告され、高齢者においては新奇人工物の学習は若年者より困難があることが報告されている（須藤ら，2014）。これまで、メンタルモデルの構築の観点から新奇人工物の学習についての加齢の影響については、よりディスプレイ上での操作が中心の認知的インタフェースを搭載した情報機器や家電機器については検討がなされているが、操作は単純ではあるが身体スキルの学習要求が高い人工物、例えば、農作業機、シニアカー、除雪機等のメンタルモデルの構築に注目した

検討は少ない。これらの身体スキルの学習要求が高い人工物は、情報機器や家電製品と比較すると操作系が単純であることから学習が容易でメンタルモデルの構築がしやすい人工物と考えることもできる。しかし、このような人工物は、操作が適切に行われているかどうかを判断する際、身体へのフィードバックや環境での人工物の状況を総合的に判断して、適切に操作ができているかどうかを判断する必要がある。このような人工物の操作においても、情報機器や家電製品等の情報化された人工物と同等、もしくはそれ以上に複雑な認知過程を経てメンタルモデルを構築していく必要があり、加齢による心身の機能低下によって学習の困難さが生じている可能性も考えられる。

そこで本研究では、そのような身体スキルの学習が要求される人工物のメンタルモデルの構築への加齢の影響を明らかにすることを目的に、エンジンが搭載された小型の除雪機を用いて大学生と高齢者を対象としたユーザビリティテスト実験を実施した。

2. 方法

参加者: 実験では、高齢者男性 6 名（平均年齢=69.83 歳）、大学生 6 名（男性 3 名、女性 3 名：平均年齢=20 歳）が参加した、高齢参加者の MMSE 得点は全員 29 点以上であった。大学生 1 名男性のみ、親戚家族の除雪機を数回利用した経験があったが、他の参加者は除雪機の利用経験はなかった。

除雪機: 実験で用いたエンジン付き除雪機（図 1）は、車体の操作パネル（図 2 左）上にある変速レバーを上・下することで前・後進、速度調整ができた。車体にはキャタピラが搭載され、右手ハンドルに設置された旋回ボタン（右左）を押すことで旋回できた。速度調整は、変速レバーに加え、エンジンの回転速度を変化させるスロットルレバーを高回転にすることでも加速できた。

手続き: 実験は、1) 初見時の観察、2) 車体の概要説明（マニュアルに沿って、基本的な操作を口頭で説明を

受ける), 3) 練習 (実験者が操作しながら説明し, 参加者も操作を実際に体験), 4) テスト走行 (参加者のみで, コンクリート, 雪無しのコースの走行を 3 回) の 4 フェーズで構成されていた。メンタルモデルの構築について各フェーズ後に 1) 除雪機のエンジンのかけ方, 2) 直進・旋回の方法, 3) 雪の吐き出し方, 4) 雪のかき取り方を自由記述の質問紙の記入とインタビューで尋ねた。実験中は参加者が可能な範囲で発話思考を求め, 行動・発話共をビデオで記録した。

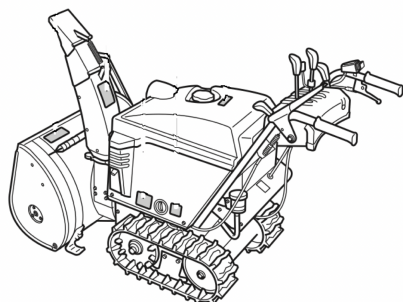


図1 エンジン付き 除雪機

(<https://www.yamaha-motor.co.jp/snowblower/manual/>)

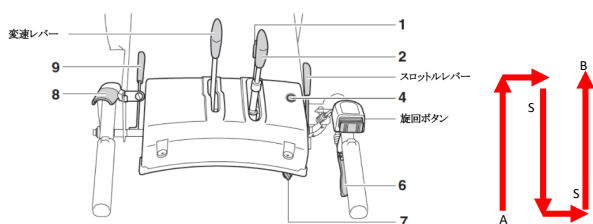


図2 操作パネル (左) とテスト走行のコース (右)

質問紙: 初見時の観察, 練習走行, 本番走行の前後にメンタルモデルの構築の程度, 機器への評価を行うことを目的とした質問紙を実施した。質問紙は, SD 法, ユーザビリティスケール (System Usability Scale : Brooke, 1996), 理解の程度について主観的理解度 (6 件法: 除雪機の操作方法を, 全体的にどの程度理解できたと感じていますか), 操作方法について自分なりの説明 (自由記述, インタビュアーが記入) で構成されていた。また, 3 回のテスト走行後に VAS で「うまく操作することができた」, 「この除雪機は操作しやすい」, 「この除雪機を雪かきの時に使いたい」という質問で評価を求めた (今回はすべての質問紙の結果は報告しない)。

テストコース: テストコース (図 2 右) は, 全長 50m とし, 右 180 度旋回と左 180 度旋回が含まれるように, 図 2 のようなコースを設定した。3 回のテスト走行は, 半分の参加者は A→B, B→A, A→B, 残り半分の参加

者は, B→A, A→B, B→A の順に走行することとした。コース上には S の位置にシュータを操作する指示を書いたボールが置かれており, 指示のもとシューターを操作することが求められた (シュータの操作について今回は報告しない)。

3. 結果と考察

(走行時間) 直進, 旋回を含むテストコースの走行時間をビデオから抽出し, 群ごとの 3 回の走行時間の平均値を算出した (図 2)。年齢群×走行回数の 2 要因の分散分析を実施した結果, 走行回数の要因のみが有意 ($F(2,20)=5.66, p<.05, \eta_p^2=.36$) であり, 多重比較の結果, 1 回目よりも 3 回目では有意に走行時間が短かった ($p<.05$)。走行時間の結果からは, 年齢に関わらず 1 回の学習によって, 除雪機の基本的な操作は学習し, 走行できるようになると言える。しかし, 走行時間について大学生と高齢者を比較すると, 高齢者の走行時間の分散の大きさが目立つこと, 1-2 と 2-3 回の間に有意差がないことから, 繰り返しのテスト走行によって除雪機の「安定的な操作」のためのメンタルモデルがどの程度構築されているのかは十分に評価できない。

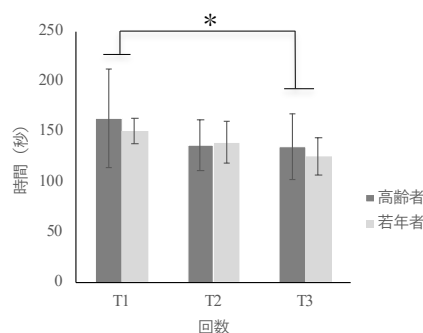


図2 走行時間の平均値と標準偏差

(主観的理解度) 主観的理解度 (問: 除雪機の操作方法を, 全体的にどの程度理解できたと感じていますか) の平均値 (図 3) について年齢×走行回数の 2 要因分散分析を行ったところ, 回数の主効果 ($F(3,30)=54.29, p<.01, \eta_p^2=.84$) 交互作用が有意 ($F(3,30)=8.79, p<.01, \eta_p^2=.47$) であった。下位検定の結果, 大学生, 高齢者共に回数の単純主効果は有意 (大学生: $F(3,0)=52.84, p<.01, \eta_p^2=.91$; 高齢者: $F(3,30)=10.24, p<.01, \eta_p^2=.67$) であり, 多重比較の結果, 大学生において初見時と 3 回の走行テストすべて ($p<.01$), 1 回目と 3 回目の走行テスト時に有意差が認められた ($p<.05$)。高齢者においては, 初

見時と2・3回目の間にのみ有意差が認められた($p<.05$)。また、初見時において年齢の単純主効果が有意($F(1,40)=7.60, p<.01, \eta_p^2=.43$)であり、3回目のテスト走行時における単純主効果は有意傾向($F(1,40)=3.88, p=.056, \eta_p^2=.28$)であった。以上の結果からは、大学生は、3回のテスト走行で走行操作について徐々にメンタルモデルが構築されている感覚を得ているが、高齢者においては、繰り返しの走行による構築の感覚は小さいことが示唆された。また、有意傾向だったため部分的な考察となるが、大学生と比較すると高齢者において、十分な学習ができておらず、操作のためのメンタルモデルが構築に加齢差がある可能性が指摘できる。

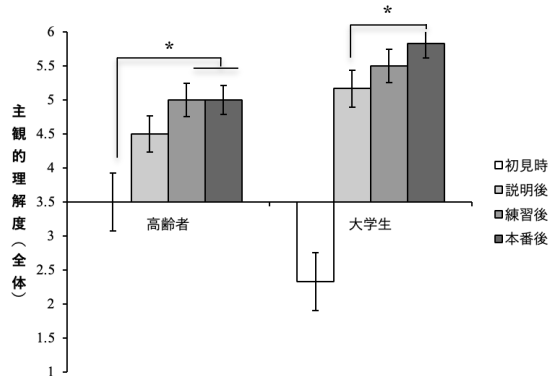


図3 主観的理解度の平均値

走行時間と主観的な理解度の結果について整理する。走行時間の結果からは、テスト走行の繰り返しの操作で、年齢に関わらず身体スキルが求められる人工物のメンタルモデルは構築されるが、高齢者の分散の大きさからは、個人差が大きいことが示唆された。理解度の主観評価の結果からは、両群共に初見後に操作の説明を聞き、一度操作を体験することで理解できている感覚を得ているが、テスト走行の2回目、3回目において高齢者は主観的な評価は高まらず、メンタルモデルの精緻化が進まないことが部分的であるが示唆された。定量的な分析だけでは、最終的に構築されたメンタルモデルにどのような年齢差があるのか明らかにできていないため、ビデオデータをもとに定性的な分析を行うこととした。

(定性的分析の方針：旋回時の分析について) 除雪機をスムーズに操作するための要素として旋回時の操作が適切である必要があることが実験の観察によってわかった。コース上には2カ所180度旋回するポイントがあり、そこでの旋回のパターンを観察したところ、2種類の旋回方法があることがわかった。一つ目の旋回方法は、図4左のように、旋回直前に減速し、旋回ボ

タンを旋回地点で長押しして、キャタピラの特性を利用しながらの90度旋回、その後、旋回ボタンを離して直進し、再度、旋回ボタンを長押しして90度旋回する方法であった(キャタピラの特性を利用した旋回)。この方法で旋回する場合は、旋回の角度調整の精度が上がりがオーバーランしにくく、また、体への反動も少ない様子であった。二つ目の旋回方法は、図4右のように、旋回ポイントにたどりついた後、減速しきれていない状態で旋回ボタンを細かく繰り返し押すことで、角度をわずかに変えながら、大回りして最終的に180度旋回する方法であった。大回りする理由として速度が速いため、旋回スイッチの押下の間隔で直進してしまうためである。この方法は速度が出ている場合には、旋回スイッチの押下ごとに強い反動があり、体への負荷が大きいこと、さらには、旋回スイッチの押すタイミングが悪いとオーバーランすることがあった。以上から、旋回時の正しい(適切な)旋回としては、旋回ポイント直前で減速し、一つ目のキャタピラの特性を利用した旋回方法が妥当な方法であると評価できた。

参加者は、1、2回目のテスト走行の旋回時に、旋回時の速度と旋回状況、身体への反動から旋回時の方法として学習できる状況であったことから、本研究では、3回目の走行テストでどのような旋回方法がメンタルモデルとして構築されているかを分析した。

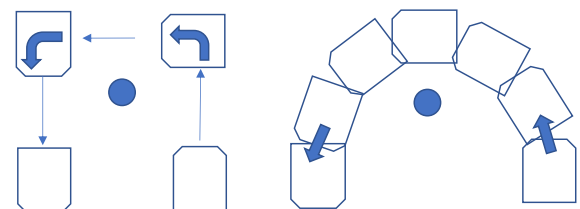


図4 旋回の方法(左:度旋回, 右:小刻み旋回)

(3 回目の旋回についての定性的分析)

表1に、3回目の2回の旋回時の行動の特徴について、減速が行われているかどうか、旋回速度、旋回のパターン、旋回が安定していたかどうかについて参加者ごとに整理した。高齢者はID1~6、大学生はID7~12であった。大学生は、3回目のテスト走行時の1回目と2回目の旋回で共通してほぼすべての参加者が減速し低速で旋回する行動がみられた。しかし、高齢者においては、減速しない参加者1名、減速が不十分だったりする参加者が3名いた。さらに、旋回方法として、すべての大学生が90度旋回する安定した旋回を行っていたが、高齢者においては2回ともに安定した旋回ができ

表 1 3 回目の旋回時の行動の特徴のまとめ

	1回目の旋回直前の スピード調整	旋回速度	旋回パターン分類	1回目評価	2回目の旋回直前のス ピード調整	旋回速度	旋回パターン分類	2回目評価
ID1	減速操作有り（途中 で停止）	低速で旋回	キャタピラを利用した回転 （スピード調整失敗し停止したとき、発 話「動かないと回らないんだ」）	調整有り安定	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転	安定
ID2	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転	安定	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転	安定
ID3	減速操作有り	低速で旋回	小まめな旋回ボタンの操作による回転 （旋回スイッチ操作で速い、 直線が短い）	安定	減速なし	中速から高速で旋回 （体が揺さぶられる）	小まめな旋回ボタンの操作による回転	不安定
ID4	減速操作有り（中 速）	中速から高速で旋回 （スロットルレバーが最大だったため、 中速）	小まめな旋回ボタンの操作による回転	不安定	減速操作有り（中 速）	中速から高速で旋回 （体が揺さぶられる）	小まめな旋回ボタンの操作による回転 （他のスイッチと速度変速の混乱： 発話「間違っちゃった」）	不安定
ID5	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転 （ただし、旋回途中で角度調整に 失敗し、バックする）	不安定	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転	安定
ID6	減速操作なし	中速から高速で旋回 （体が揺さぶられる）	小まめな旋回ボタンの操作による回転	不安定	減速操作なし	中速から高速で旋回 （体が揺さぶられる）	小まめな旋回ボタンの操作による回転	不安定
ID7	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転 （発話「なんとなくわかってきたな」）	安定	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転	安定
ID8	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転	安定	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転	安定
ID9	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転	安定	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転	安定
ID10	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転	安定	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転	安定
ID11	減速操作有り（中 速）	低速で旋回（直線でさらに減速）	キャタピラを利用した回転	調整有り安定	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転	安定
ID12	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転 （発話「結構手前で回っても・・・」	安定	減速操作有り	低速で旋回	キャタピラを利用した回転	安定

た参加者は1名のみであった。また、大学生は、1 回目の旋回時に「なんとなくわかってきたな」「結構手前で回っても（うまく回れる）」など、調整しながら旋回方法のメンタルモデルを構築している発話がみられた。しかし、高齢者においては、特にそのような発話は認められなかった。

以上の結果からは、大学生は 2 回のテスト走行で減速できるようになり、90 度旋回するスムーズな旋回方法をメンタルモデルとして獲得できていることが示唆された。一方、高齢者においては、減速し 90 度旋回する方法についての適切なメンタルモデルが構築できない参加者がいることが示唆された。

高齢者において、繰り返しのテスト走行によって、適切なメンタルモデルが出来なかった理由について結果から推測する。比較的早い速度で旋回を行った場合、走行を中止しない限りは、エンジンがオンになっているためエンジンの力で前に進む状態となる。この状態で旋回するためには、旋回ボタンを繰り返し押すことで小刻みに角度を調整することとなる。旋回ボタンを小刻みに押すと、押すたびに反動を感じるようになる。この反動はかなり身体的に負荷の高い反動であり、その反動は不快なフィードバックであった。この不快な反動を減らすためには、速度を出さない、小刻みにボタンを押さない、という選択をする必要があった。大学生は最終的に90度旋回させるという特定の旋回操作に収束したことから、機器の操作によって生じる身体への不快なフィードバックを適切な操作のためのメンタルモデルの構築に反映できるが、高齢者は 3 回のテスト走行

では、このような不快なフィードバックを用いることができなかった可能性が考えられる。身体への不快なフィードバックについて「不快」「操作を間違った」という判断は可能かもしれないが、問題解決に必要な情報を含まない非明示的なフィードバックである。このような非明示的なフィードバックを元に、適切な操作方法を考えるという問題解決が、加齢によって妨害されていた可能性も考えられる。

以上の結果からは、除雪機のような身体スキルの獲得が必要な機械のメンタルモデルの構築において、間違った使い方をした場合に生じる身体への不快なフィードバックを、加齢によって適切なメンタルモデルの構築に利用できない可能性が示唆された。今回の研究は定性的分析によるものであり、本研究で見いだされた知見が一般化可能かどうかは、同様の特徴を持った人工物を対象とした研究を行い、さらなる検討が必要であると考えられる。

文献

[1] 寺岡伸悟. (2014). 柿の里の地域づくりにかかわって. ソシオロジ, 59(1), 91-97.

[2] 須藤智, 原田悦子, 田中伸之輔, 安達悠子, & 日根恭子. (2014). 高齢者によるタブレット型端末の利用学習 新奇な人工物の利用学習過程に影響を与える内的・外的要因の検討. 認知科学, 21(1), 62-82.

[3] Brooke, J. (1996). SUS: A "quick and dirty" usability scale. In P. W. Jordan, B. A. Weerdmeester, & A. L. McClelland (Eds.), Usability Evaluation in Industry. London: Taylor and Francis. <http://hell.meiert.org/core/pdf/sus.pdf>