

心身マルチタスク状況下における認知タスク負荷評価の検討

Consideration of Task Load Evaluation in Cognitive and Physical Multitask Situations

渥美 裕貴^{*1} 横矢 真悠^{*2} 山田 和範^{*2} 森田 純哉^{*3}
 Yuki Atsumi Mayu Yokoya Kazonori Yamada Junya Morita

平山 高嗣^{*1} 榎堀 優^{*1} 間瀬 健二^{*1}
 Takatsugu Hirayama Yu Enokibori Kenji Mase

^{*1} 名古屋大学
 Nagoya University

^{*2} パナソニック(株)
 Panasonic Corporation

^{*3} 静岡大学
 Shizuoka University

In this modern aging society, dementia is a serious problem. We focus on “cognitive and physical multitask training” as a method of preventing dementia. In this study, we examined task loads of this multitasking to realize appropriate training. In the experiment, subjects were instructed to walk with a *walking assist robot* while engaging in cognitive arithmetic task that is presented through audio or visual presentation devices. We measured task loads by their achievement and subjective rating. As a result, the task loads for the audio presentation was higher than those for the visual presentation. Furthermore, the overall result of questionnaire analysis indicated that the visual presentation caused higher task loads. Only the “Physical Demand (PD)” showed a reverse trend. This result suggests a possibility of occupying visual resource in walking task.

1. 研究背景

現在、日本は高齢化社会を迎えている。厚生労働省発行の平成 28 年度版高齢社会白書によると、平成 27 (2015) 年 10 月 1 日時点で、総人口 1 億 2,771 万人の内、65 歳以上の高齢者人口は 3,392 万人となっており、その比率は 26.7% に上っている [厚生労働省 2016]。また、同資料によると認知症に関しては、その有病率は 2012 年時点で 15.0% であるが、2060 年には 34.3% へと増加すると推計されている。認知症は、高齢者が要介護状態に陥る原因の上位に座しており、急速に進行する高齢化の中、その予防・治療の手段の確立は急務であるといえる。

認知症は、発症および症状の進行による生活への影響の大きい疾患であるため、その予防は重要視され、種々のアプローチから研究がなされてきた。例を挙げると、初鹿は高齢者向けグループホームにおける食生活支援という形による食事の面からの認知症の予防について報告しており [初鹿 2007]、また、長谷川らは認知症予防支援サービス「ふれあい共想法」によるコミュニケーション面からの認知症予防を提案している [長谷川 2008][大武 2008]。

そのような認知症予防の研究・取り組みの 1 つとして、心身マルチタスクを用いた認知機能トレーニングが挙げられる。心身マルチタスクとは、計算やしりとり等の認知機能および知覚機能を使うタスクと、歩行や特定のステップ、手を叩くなど、身体運動を伴うタスクを同時に課すものである。

我々は高齢者の歩行支援を目的に、歩行支援ロボットの開発やその活用の模索している (図 1) [山田 2016]。歩行に困難の生じる可能性のある高齢者を対象に、起立の支えとなると共に、ハンドル部にかかる荷重から歩行意図を分析し、それに対応して歩行をアシストするものとなっている。本研究では、これを用いて前述の心身マルチタスクによる認知トレーニングを行う



図 1 歩行支援ロボット (左: 背面から, 右: 前面から)

ことを検討する。その意図は、歩行支援ロボットが「高齢者が日常的に、自然に使用しうるデバイスであること」、「高齢者が安全に歩行を行うことのできるデバイスであること」で、高齢者の生活に寄り添う、日常に溶け込んだ認知症予防にある。

本研究では、歩行支援ロボットを用いた心身マルチタスクの負荷を実験によって評価し、その負荷の強弱に影響を与える要因について検証する。その目的は、認知症予防のトレーニングを含めたマルチタスク研究の一過程として、タスク負荷の基準の模索にある。そこで本研究は、歩行と暗算をマルチタスクとして用いること、認知課題の提示を視覚または聴覚を通じて行うこと、また被験者の主観的要因を評価することを主軸にタスク負荷の基準を検討する。

2. 関連研究

マルチタスクの基礎部分の研究としては Wickens の提案した Multiple resource theory が挙げられる [Wickens 2008]。これは、人が複数のタスクを同時に行う際、単一の資源 (resource) を複数のタスクに割り当ててではなく、複数の資源を用いるという考えである。「情報の入出力」、「情報の知覚モダリティ」、「情報の表現形式」の 3 つの次元を、それぞれ「知覚: 反応」、「視覚: 聴覚」、「空間: 言語」というように 2 つの注意 (attention) に分け

連絡先:

*1 渥美 裕貴 (Yuki Atsumi)

名古屋大学大学院 情報学研究科 知能システム学専攻
 Mail: atsumi@cmc.ss.is.nagoya-u.ac.jp

て、同一の注意の衝突 (conflict) を説明したものである。同一の資源を利用するタスクを同時に遂行しようとした場合 (例えば、視覚を用いるトラッキング課題と、同じく視覚を用いる探索課題を並行して行う)、そのスコアや能率は低下するとされている。

前述の Wickens の Multiple resource theory を基にして「情報の知覚モダリティ」の認知負荷への影響を測定・評価したものが岩田らの研究である [岩田 2009]。この研究では、トラッキング課題と探索課題のマルチタスクを用いた実験を通じて、探索課題の提示デバイスによる影響を調査している。探索課題をイヤホンで聴覚を通じて提示するよりも、端末画面やヘッドマウントディスプレイを用いて視覚を通じて提示した方が、トラッキング課題の成績が低下する。即ち、視覚リソースの衝突による認知負荷の上昇を示す結果が報告されている。

マルチタスクの訓練・トレーニングとそれによるマルチタスク能力向上に関連する、幾つかの研究も挙げられる。航空医学実験隊の野見山らは、航空機操縦者と非操縦者との間の二重課題成績の比較から、普段から業務上二重課題の必要としている航空機操縦者の成績が優位に高かったという結果から、マルチタスク成績の訓練による向上の可能性を示した [野見山 2011]。

3. 負荷測定実験

マルチタスク負荷の測定実験として、歩行支援ロボットを用いた歩行タスク (身体タスク) と 2 種の提示媒体 (ディスプレイによる画像提示、ヘッドホンによる音声提示) を用いた暗算課題 (認知タスク) のマルチタスク状況下における負荷を検討する実験を行った。負荷の評価手法は認知タスクの成績とし、その所要時間、暗算の誤答数を基準とした。すなわち、一方のタスクの負荷がもう一方のタスクに影響を及ぼすことを利用し、認知タスクの成績を見ることでマルチタスク全体の負荷を測定する。また、実験参加者主観の負荷評価のため、主観的な負荷を評価するアンケート (NASA-TLX) を行った。

3.1 実験方法・実験設定

歩行路として分岐のない単純な 8 の字歩行路を用いたものと分岐のある歩行路を用いたものを用意した。実験には 12 名が参加した。これらの参加者を以下の被験者間条件に割りあてた。

- ・単純 8 の字歩行路
人数: 4 名 年齢: 24.0 ± 2.7 歳 性別: 男:女 = 3:1
- ・分岐あり歩行路
人数: 8 名 年齢: 22.1 ± 0.8 歳 性別: 男:女 = 8:0

実験歩行路

実験の歩行路はいずれも屋内の一室を用いて床面に歩行路線をテープで示すことによって作成した。単純 8 の字歩行路は直径 80cm の円を 80cm の間隔をあけて 2 つ配した形状となっており、その円に触れないように外周を歩くことで、幅 80cm の 8 の字歩行路となることを想定している (図 2)。通路幅 80cm は建築物移動等円滑化基準に定められた建物・エレベーター等の出入口幅に等しく、最低限のバリアフリーの考慮された生活環境において通りうる最も狭い通路幅であることを理由に決定した。

一方、分岐のある歩行路は、1 辺 40cm の正方形を 4 つ、80cm の間隔をあけて配しその外周を歩くことで田の字型の走路となることを想定している (図 3)。この歩行路を、「中央は直進する」「突き当りは指示に従って左右いずれかに曲がる」「中央に戻りうる最も早いルートで戻ってくる」の規則に従って歩き、各分岐点には左右いずれかを示す方向指示器を設置した。この指示する方向は実験の 1 回の試行ごとにランダムで変更した。

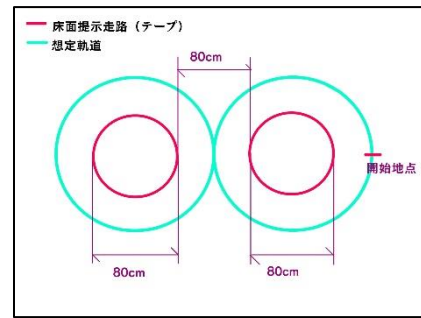


図 2 実験歩行路 (単純 8 の字歩行路)

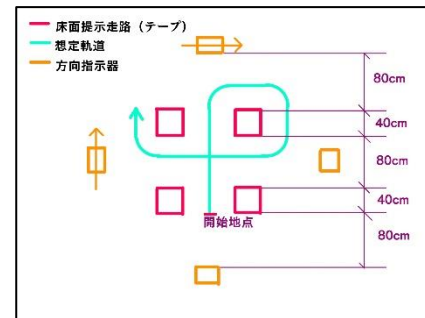


図 3 実験歩行路 (分岐あり歩行路)

暗算課題

この実験では認知タスクとして暗算課題を行った。ディスプレイまたはヘッドホンを通じて実験参加者に数字を提示する実験用アプリケーションを作成して、それを用いた。数字が 1 つ提示されるたびに、実験参加者は提示された数字と、その 1 つ前に提示された数字の和を回答する。(例えば「3」「4」と提示された場合、参加者は「7」と回答し、その後「8」と提示されたなら参加者は「12」と答える。) 数字の提示タイミングは実験参加者が前問の回答後にボタンを押すことによる。実験参加者には手元で操作できる小型のリモコンボタン (コクヨ ELA-FP1) を持たせた。また、この課題については難易度を 2 通り用意した。低難易度の暗算課題では、「1」から「9」までの数字が提示され、高難易度の暗算課題では「1」から「19」までの数字が提示される。

3.2 実験手順

実験は各実験参加者につき以下の手順で行った。

(1) チュートリアル

まず、歩行支援ロボットとその操作について説明を行い、その操作に慣れてもらうため、認知課題無しで歩行支援ロボットを自由に動かす 3 分間ほどの練習時間を設けた。その後、暗算課題の内容を説明し、本実験と同じ形式での練習を行った。

(2) 本実験

実験参加者 1 人につき、暗算課題の提示媒体が音声提示・画像提示の 2 通り、難易度が低・高の 2 通りで計 4 通りの条件を 2 試行ずつ繰り返した (被験者内要因)。また、練習効果・疲労効果を考慮し、実験参加者ごとに各条件での試行を行う順番を変更し、カウンターバランスを図った。

(3) アンケート回答

後述の NASA-TLX に回答してもらった。アンケートは提示媒体・難易度ごとに行い、1 人につき計 4 回のアンケートに回答してもらった。また、これらは 1 つの条件の試行が終わるたびにその直後に行い、その後次の条件での試行に入るようにした。

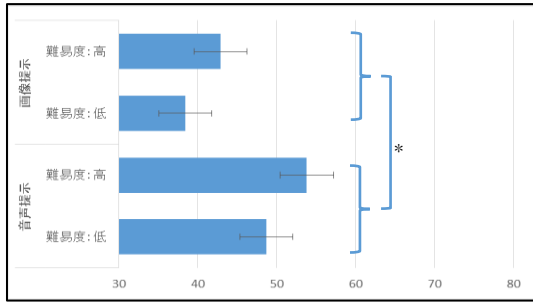


図4 単純8の字歩行における路認知課題所要時間 (s). エラーバーは標準誤差, アスタリスクは有意水準を示す(* $p < .10$)

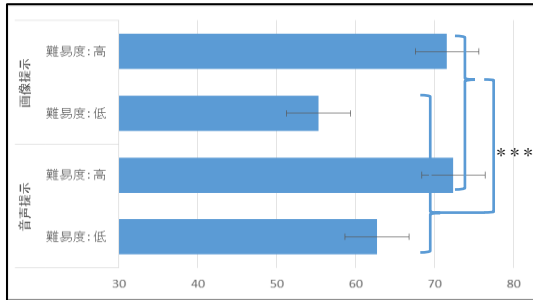


図5 分岐あり歩行路における認知課題所要時間 (s). エラーバーは標準誤差を示す

3.3 評価基準 および 実験結果

実験で用いた評価基準および実験結果は以下の通りである。

認知課題所要時間による評価

認知課題に要した時間を基準としてタスクの負荷を評価した。タスクの負荷が高くなった場合、同一の認知課題でもその所要時間は長くなると考えられるからである。前述の暗算課題について、2つ目の数字の提示時点から25個目の数字の提示時点までの所要時間、すなわち23問の暗算課題に要した時間の提示媒体および難易度ごとの平均を図4, 図5に示す。

各歩行路において、2x2(提示媒体: 画像 vs. 音声 x 難易度: 高 vs. 低)の被験者内分散分析を実施した。結果、単純8の字歩行路(図4)において、提示媒体と難易度の交互作用は有意とならず($F(1,3) = 0.02, n.s.$)、提示媒体の主効果($F(1,3) = 9.62, p < .10$)、難易度の主効果($F(1,3) = 5.84, p < .10$)が有意傾向となった。分岐あり歩行路(図5)においては、提示媒体と難易度の交互作用($F(1,7) = 1.39, n.s.$)、提示媒体の主効果($F(1,7) = 1.67, n.s.$)は有意とならず、難易度の主効果のみが有意となった($F(1,7) = 71.86, p < .01$)。

上記の結果、提示媒体の主効果に有意傾向が一部で観察され、聴覚的な刺激の提示は、視覚的な提示に比べ、負荷が大きいことが示唆された。

認知課題誤答数による評価

認知課題を行う上で発生した誤答数を基準としてタスクの負荷を評価した。タスクの負荷が高くなった場合、同一の認知課題でもその誤答数は多くなると考えられるからである。また、ここでいう誤答とは数値提示後に、正答である和と異なる数値を回答した、「分かりません」、「(1つ前の数字を)忘れました」などの回答をした、回答しないまま次の問題に進んだ、場合のことを指す。誤答数の平均を図6, 図7に示す。

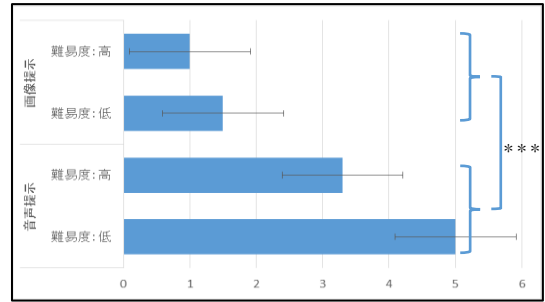


図6 認知課題誤答数(単純8の字歩行路). エラーバーは標準誤差, アスタリスクは有意水準を示す(** $p < .01$)

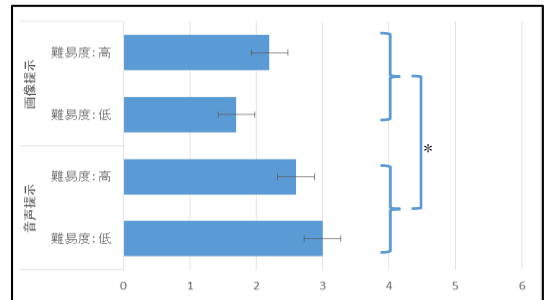


図7 認知課題誤答数(分岐あり歩行路). エラーバーは標準誤差, アスタリスクは有意水準を示す(* $p < .10$)

各歩行路において、2x2(提示媒体: 画像 vs. 音声 x 難易度: 高 vs. 低)の被験者内分散分析を実施した。結果、単純8の字歩行路(図6)において、提示媒体と難易度の交互作用($F(1,3) = 1.74, n.s.$)、難易度の主効果($F(1,3) = 2.93, n.s.$)は有意とならず、提示媒体の主効果($F(1,3) = 48.00, p < .01$)が有意となった。分岐あり歩行路(図7)においては、提示媒体と難易度の交互作用($F(1,7) = 1.00, n.s.$)、難易度の主効果($F(1,7) = 0.20, n.s.$)は有意とならず、提示媒体の主効果のみが有意傾向となった($F(1,7) = 5.33, p < .10$)。

上記の結果、歩行路によらず提示媒体の主効果が有意または有意傾向となったことから、課題の提示方法によって、認知負荷が変化する可能性が示唆された。その変化の方向は前項の結果と一貫し、視覚的な提示に比べ、聴覚的な提示が大きいものであった。

実験参加者主観負荷評価 NASA-TLX による評価

アンケートによる実験参加者の主観負荷評価手法、NASA-TLXを用いて、各タスクの負荷を評価した。NASA-TLXは主観的な負荷の大きさを「知的・知覚的要求(MD)」「身体的要求(PD)」「タイムプレッシャー(TD)」「作業成績(OP)」「努力(EF)」「フラストレーション(FR)」の6項目で評価し、参加者ごとに定められる重みを用いて全体的な主観負荷WWL(Weighted WorkLoad)を算出する[6][7]。このWWLについて、各条件(提示媒体、難易度)の平均値を図8, 9に示す。

各歩行路において、2x2(提示媒体: 画像 vs. 音声 x 難易度: 高 vs. 低)の被験者内分散分析を実施した。結果、単純8の字歩行路(図8)において、提示媒体と難易度の交互作用($F(1,3) = 2.1, n.s.$)、提示媒体の主効果($F(1,3) = 4.8, n.s.$)は有意とならず、難易度の主効果($F(1,3) = 10.4, p < .05$)が有意となった。分岐あり歩行路(図9)においては、提示媒体と難易度の交互作用($F(1,7) = 2.00, n.s.$)は有意とならず、提示媒体の主効果($F(1,7) = 14.2, p < .10$)、難易度の主効果($F(1,7) = 18.5, p < .05$)が有意となった。

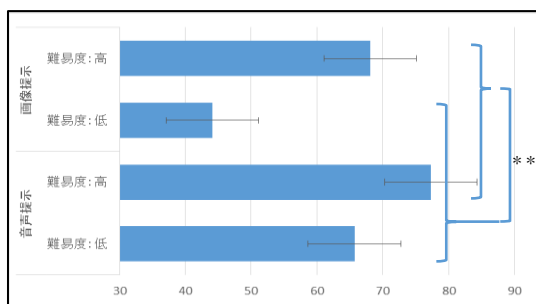


図 8 NASA-TLX 主観負荷評価(単純 8 の字歩行路). エラーバーは標準誤差, アスタリスクは有意水準を示す (** $p < 0.05$)

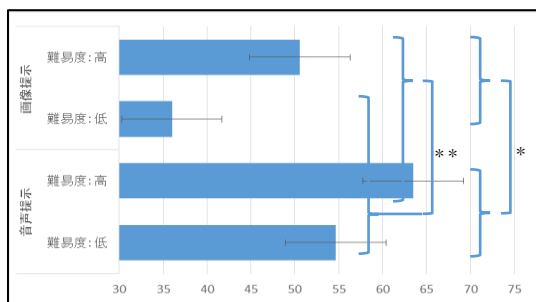


図 9 NASA-TLX 主観負荷評価(分岐あり歩行路). エラーバーは標準誤差, アスタリスクは有意水準を示す (** $p < 0.05$, * $p < 0.10$)

検定の結果, WWL 値は分岐あり歩行路の場合において音声での提示が画像に比して有意に高いことが示された. すなわち, この実験において音声での認知課題の提示は画像に比して負荷が大きかったと考えられる. この結果は, 認知課題所要時間や誤答数において観察された傾向と一貫するものである.

NASA-TLX(項目別)による評価

被験者主観負荷評価 NASA-TLX については, 前述の WWL に加え 6 つの項目ごとの平均値を検討した(表 1, 表 2). その結果を以下に示す. 表中の p 値は各項目における提示媒体の主効果を示す. これによると, 項目別の評価は多くの項目で WWL 値と同様に音声提示の負荷評価が画像提示の負荷評価

表 1 項目ごと NASA-TLX 主観評価 平均値(単純 8 の字歩行路)

	負荷評価値 (0~100)				高負荷媒体	p 値
	音声 低難度	音声 高難度	画像 低難度	画像 高難度		
MD	78.2	88.7	45.7	75.2	音声	$p < .10$
PD	43.2	38.2	50.0	57.7	画像	$p > .10$
TD	50.7	47.5	37.0	43.0	音声	$p > .10$
OP	53.0	68.5	24.5	57.2	音声	$p > .10$
EF	70.7	83.0	32.0	65.5	音声	$p < .10$
FR	69.2	75.5	39.5	63.5	音声	$p < .10$

表 2 項目ごと NASA-TLX 主観評価平均値(分岐あり歩行路)

	負荷評価値 (0~100)				高負荷媒体	p 値
	音声 低難度	音声 高難度	画像 低難度	画像 高難度		
MD	72.6	83.8	50.6	66.2	音声	$p < .05$
PD	24.6	20.3	31.3	37.6	画像	$p > .10$
TD	32.3	35.2	13.7	31.3	音声	$p < .05$
OP	37.6	47.6	28.7	35.1	音声	$p < .10$
EF	52.3	72.6	39.7	45.0	音声	$p < .01$
FR	45.0	48.3	34.8	46.1	音声	$p > .10$

を上回っていた. しかし, 「身体的要求 (PD)」の項目に関してはいずれの歩行路の場合においても有意に音声提示の負荷評価が高いという結果は得られず, むしろ, 画像提示の負荷評価が上回っていた. これは歩行(身体タスク)に視覚資源を割くため, その際に認知課題を, 視覚を用いた媒体で提示されると, 視覚資源の競合が発生するためと考えられる.

3.4 考察

実験の結果によると, 認知課題の成績, 実験参加者主観評価の双方において, 全般に聴覚提示の負荷が大きいという結果が得られている. この傾向は項目ごとに見た主観評価にも表れているが, その内で身体的負荷を示す項目は傾向が逆転し, 画像による提示の負荷が大きいとしている. この逆転の原因としては, Wickens の Multiple Resource Theory における「情報の知覚モダリティ」の競合, すなわち, 歩行に要する視覚資源と認知課題に要する視覚資源の競合が発生し, 結果として歩行の負荷が上昇したように感じられた可能性が挙げられる. 一方で, 認知課題そのもの, すなわち「知的・知覚的要求 (MD)」にも競合の影響は見られるかと思われたが, その傾向は見られなかった. 前述の可能性には更なる検討・検証を要する.

4. 結論

当研究では, 身体タスクは歩行支援ロボットを用いた歩行, 認知タスクを提示される数字の和を回答する暗算とした状況下でのタスク負荷を検討した. 実験より, 課題成績と被験者主観評価の双方で, 聴覚提示の方が視覚提示に比して負荷が高いという結果が得られた. また, 被験者主観評価を項目別に精査すると, 他の項目で示された聴覚提示の高負荷傾向が, 身体的要求(PD)の項目において示されておらず, 歩行タスクにおける視覚資源の使用, また視覚資源の競合をうかがわせた. この傾向は歩行タスクに方向提示を取り入れた場合により強く示された.

一方で, マルチタスクの状況は多様であり, 今回の実験で取り上げた暗算と歩行以外にも様々なタスクが考えられる. すなわち今回暗算タスクを用いていた部分が, 例えば同一図形の探索のタスクや, 記憶能力を主として要するタスクになったら, どのような影響がみられるか, それについて更なる検討を重ねることで, 認知負荷評価はより適切なものとして確立されていくだろう. これは, 当研究に連なる今後の課題として, 直近のものである.

参考文献

- [厚生労働省 2016] 平成 28 年度版高齢社会白書, 2016.
- [初鹿 2007] 初鹿静江, "介護予防の観点から認知症高齢者グループホームの食生活支援のあり方の検討", 医療看護研究 3(1), 22-28, 順天堂大学, 2007.
- [長谷川 2008] 長谷川多度, 他, "認知症予防支援サービス「ふれあい共想法」における市民参加型実施手法の開発", 人工知能学会第 22 回全国大会, 2008.
- [大武 2012] 大武美保子, "介護に役立つ共想法 認知症の予防と回復のための新しいコミュニケーション", 中央法規出版, 2012.
- [山田 2016] 山田和範, 他, "高齢者の日常生活に寄り添う屋内型歩行支援ロボットの提案", 第 34 回ロボット学会学術講演会予稿集, 2016
- [Wickens 2008] C. D. Wickens, "Multiple Resource and Mental Workload", Journal of Human Factors and Ergonomics Society, 50(3), 449-455, 2008.
- [岩田 2009] 岩田貴裕, 他, "マルチタスク環境下における認知負荷の測定と評価", 情報処理学会研究報告 UBI, 2009.
- [野見山 2011] 野見山武徳 荒毛将史, "航空機操縦者の二重課題成績", 日本認知心理学会第 9 回大会, 2011.