

## 歩行者ナビゲーションシステムの違いが景観認知に与える影響

### The Effects of Difference of Pedestrian Navigation Systems on Cityscape Cognition

37-206167 高松未来

This study is aimed at clarifying the effects of difference of pedestrian navigation on cityscape cognition. To verify the hypothesis that AR navigation improves cityscape cognition and walking satisfaction, experiments in which participants walked around the city using AR navigation and map navigation were conducted. From the experiments, it was revealed that 1) AR navigations improve the users' overall landscape perception, 2) Increase of cityscape cognition doesn't contribute to improve the level of satisfaction in walking, 3) There is a trade-off between location understanding and overall landscape cognition, and people with poor sense of direction will benefit greatly from AR navigation, as their landscape cognition will be greatly improved.

#### 1. はじめに

ARナビ<sup>1</sup>を用いると経路探索の認知負荷が減る(Wen *et al.*, 2014; Dong *et al.*, 2021)ため、まちなみを楽しむことを目的とした歩行(以下、まちなみを楽しむ歩行)でARナビを用いると、地図ナビ<sup>2</sup>を用いる場合に比べて景観を認知することに集中できて、景観認知が向上すると考えられる。また、景観認知が向上するとナビ利用者に対して心理的に良い影響を与えることが期待される。

本研究の目的は、「まちなみを楽しむ歩行の満足度」という、都市計画上重要であるが主観的で検討が難しいものに関して、ナビの影響を認知のレベルから説明することである。具体的には、「ARナビを使うと景観認知が向上するか」「景観認知の向上はまちなみを楽しむ歩行の満足度向上に貢献するか」の2つの問いに答えることを目指す。本研究の意義は、景観認知を向上させるナビの開発に応用して、まちなみを楽しむ散歩や観光などで活用できることにある。

ナビの利用に関する研究について、対象とするナビで分類すると、地図ナビの研究は多いが、ARナビの研究はまだ少ない。翻ってナビ利用者への影響に着目すると、経路探索や空間知識の獲得の難しさの研究は多いが、総合的な目標に対する影響の研究は少ない。特に、総合的な目標に対するARナビの貢献を研究したものはない。本研究は、「まちなみを楽しむ歩行の満足度」という空間知識の獲得や案内性、景観認知などの総合的な目標に対するARナビの貢献に注目している点で新規性がある。

#### 2. ナビの景観認知や満足度への影響の仮説

主たる仮説として(仮説①)「経路探索の探索負荷が減少して、景観認知が向上する」(景観認知向上仮説)(図 1)を設定した。具体的には、景観中の事物を象として認知するなどは比較的平易な作業であると考えられるためナビの違いによらず達成できるのに対して、近くにある事物をまとめて認知するなどの比較的難しいと考えられる作業ではナビによる差が大きくなると予想した。

副次的な仮説として(仮説②)「景観認知が向上すると、まちなみを楽しむ歩行の満足度が高まる」(満足度向上仮説)(図 1)を設定した。ただし、景観認知に加えて、「まちの事物の位置関係を理解する」「迷わずに移動する」「安全に移動する」の3つの要因が満足度に影響すると考えた。

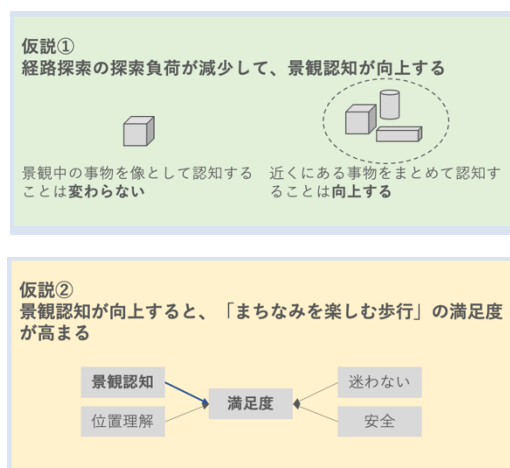


図 1 仮説

<sup>1</sup> 現実世界のカメラ映像に経路情報が重ねて表示されるナビ

<sup>2</sup> 地図上に経路などの案内が表示されるナビ

### 3. 研究手法

仮説を検証するために、ARナビ・地図ナビ<sup>3</sup>を用いて実際のまち<sup>4</sup>で歩行する実験を行った。

実験は実験 i と実験 ii の2つからなる。実験 i は仮説を定性的に検証することや実験 ii に向けた実験内容を修正することが目的で、2021年7月11日から2021年7月20日に被験者8人にアイトラッカー<sup>5</sup>を用いた実験を行なった。実験 ii では仮説を定量的に検証することが目的で、2021年10月7日から10月27日に被験者25人に、主にアイトラッカーを用いない実験を行なった。

#### 3.1. 実験の実施手順

各実験は4つの段階から構成された。

1つ目は個人の特性を確認するアンケートで、被験者に性別や方向感覚<sup>6</sup>などを回答させた。

2つ目はナビを利用した歩行で、被験者にナビを用いて「まちなみを楽しむ散歩」をするように指示して、指定ルート(図 2)を歩かせた。このとき、ルートごとに使うナビを指定して、いずれの被験者も2つのナビを経験するようにした。一部の被験者については歩行中の視線をアイトラッカーで記録した。

3つ目は経路中で見た事物を選ぶ課題で、課題

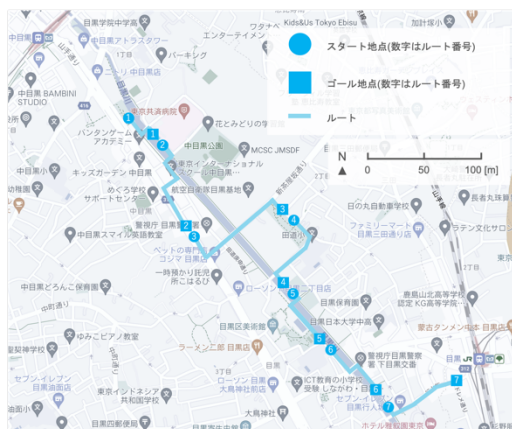


図 2 実験 ii のルート

<sup>3</sup> Google map の地図ナビと ARナビ。

<sup>4</sup> 中目黒駅周辺から目黒駅周辺。

<sup>5</sup> ナックイメージテクノロジー社の EMR-9 のヘッド部帽子モデル。分析には、同社の注視点解析ソフト EMR-dTarget と EMR-dMapping を用いた。

<sup>6</sup> SBSOD(Mary Hegarty, Anthony E. Richardson, Daniel R. Montello, Kristin Lovelace, 2002)を用いた

①経路上で見た事物、課題②経路中の事物の100m以内にあった事物を被験者に回答させた。課題は、認知した場合に心地よく感じると考えられる事物を中心に選定し、経路上になかった事物をダミーとして加えた。

4つ目は歩行の満足度を問うアンケートで、被験者に各ナビを利用したときの各要素(まちを認知することなど)の達成度、「まちなみを楽しむ散歩」の総合的な満足度などをそれぞれ7段階評価で回答してもらった。

#### 3.2. 実験 i の分析手順

分析A行動分析では、仮説検証の前提情報としてナビごとの経路探索戦略を把握することを目的として、視線データから歩行中の行動を分類<sup>7</sup>して地図上にプロットした。

分析B課題成績の定性的分析では、仮説②を再考し、実験 ii の被験者の歩行ルートや課題の内容に反映することを目的として、ナビによる課題成績の違いを整理した。

#### 3.3. 実験 ii の分析手順

分析C課題成績の定量的分析では、仮説①を検証することを目的として、課題成績データを用いて分析を行った。ARナビを用いた場合の地図ナビを用いた場合に対する課題1と課題2の成績を算出<sup>8</sup>して各地点をクラスター分析した上で、散布図に各地点の成績を散布図としてプロットした。加えて、成績の違いの原因を詳細に推定するために、アイトラッキングデータから視線のヒートマップを作成した。

分析D満足度の定量的分析では、仮説②を検証することを目的として、課題成績データや満足度データを用いて共分散構造分析(SEM)を実施した。ここでは7項目の要素を観測変数とし、「全体的な景観認知」「位置関係の理解」を潜在変数としたパス図を設計し分析を行った。また、算出された潜在変数に関する付加分析を行った。

<sup>7</sup> 曲がる地点でナビを確認する探索行動、直進する分岐点でナビを確認する確認行動、直進する分岐点以外でナビを確認する予見行動、ナビを確認しない散歩行動の4つ

<sup>8</sup> 課題2の答えとなる各地点(「m」「r」「a」「d」「o」「s」「y」「n」「i」「x」「p」「z」「f」「t」「e」「k」)について各被験者の成績を算出した上で、ARナビを用いた被験者群と地図ナビを用いた被験者群のt値を計算するなどして求めた。

#### 4. 定性的な分析を行う実験 i の分析結果と考察

##### 4.1. 実験 i の分析結果

分析A行動分析からは、地図ナビを使うと、曲がる地点で探索行動を行わなかったり、曲がる地点が見えたら曲がる地点に到達するよりも前に探索行動を行ったりすることが分かった。また、確認行動や予見行動が多かった。一方で、ARナビを使うと、曲がる地点では探索行動を行うことが多くなり、また予見行動を行うことが少なくなった。

分析B課題成績の定性的分析からは、課題1については、曲がる地点においてはARナビを用いると課題1の成績が良くなる傾向が見られるが、直進する地点においては、成績の傾向は見られなかった。課題2については、同時に見られる事物同士または共通点がある事物同士を答える課題の成績が良い一方で、同時に見られない事物かつ共通点がない事物同士を答える課題の成績はむしろ悪い傾向があった。

##### 4.2. 実験 i の考察

分析Aの分析結果から、地図ナビを使うと先を見越して経路探索を行うと考えられる。ただし、方向感覚(や地図ナビへの習熟度)の違いなどの個人差によって先を見通す能力の程度が異なり、ナビを確認する行動の回数にも個人差が生じると考えられる。一方で、ARナビを使うと分岐点に到達するごとに場当たりの経路探索を行うと考えられる。今回使用したARナビは、曲がる地点に到達すると矢印などの判別しやすい案内が表示される一方で、曲がる地点以外でナビを確認すると、次の曲がる地点までの距離と曲がる方向のみが表示されて、それ以降の経路情報については全く表示されないため、距離感覚に大きな自信がない限り、予見行動をしても得られる情報が少なく、また曲がる地点で探索行動を行う必要が生じる。つまり、方向感覚が高くとともに、曲がる地点に到達するまでは曲がる地点を特定するために必要な情報が十分に揃えられず、方向感覚が低い人と同じような戦略を取らざるを得ないということだ。

分析Bの分析結果から、仮説①「経路探索の探索負荷が減少して、景観認知が向上する」は曲がる地点では正しい可能性があると考えられる。実験 ii では曲がる地点における分析を重点的に行うために、それらの地点の課題を増やすこととした。

#### 5. 定量的な分析を行う実験 ii の分析結果と考察

##### 5.1. 実験 ii の分析結果

分析C課題成績の定量的分析結果は図 3のようになった。課題②で同時に見えるまたは共通点がある事物を答える地点では、課題②の成績が良い傾向があり(G1 G2)、課題①に対して課題②の成績が良い(G1 G2 G3 G4)。また、G1 G2 G3 G4の地点での成績を見ると、課題①が正答できなくても課題②に正答できる場合があった。一方で、課題②で同時に見えずかつ共通点がない事物を答える地点では、課題②の成績が悪い(G5 G6)。同時に見える事物を答える課題の「あ」「m」のヒートマップは図 7のようになった。また、共通点がある事物を答える課題の「お」「i」のヒートマップは図 6のようになった。地図ナビを使うと、進行方向である中央(点線の楕円で囲まれた場所)への注視が多くなっている。一方で、ARナビを使うと、経路に注視が集まっていることはなく、景観を広く注視する傾向があった(点線の楕円で囲まれた場所など)。また、課題(点線の長方形で囲まれた場所)への注視範囲については、使用するナビによる大きな違いはない。

各地点における課題成績のt値の散布図

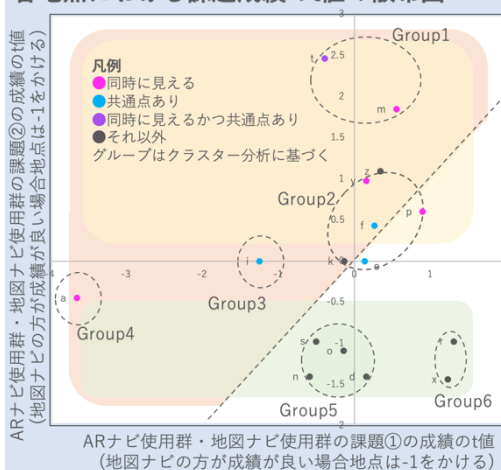


図 3 各地点における課題成績の t 値の散布図

分析D満足度の定量的分析の結果は図 5のようになった。この分析から、まちなみを楽しむ散歩の満足度は、全体的な景観認知や他の各要素の達成度に影響されないことが分かる。また、ARナビを使うとまちなみを楽しむ散歩の満足度が低下することが明らかになった。

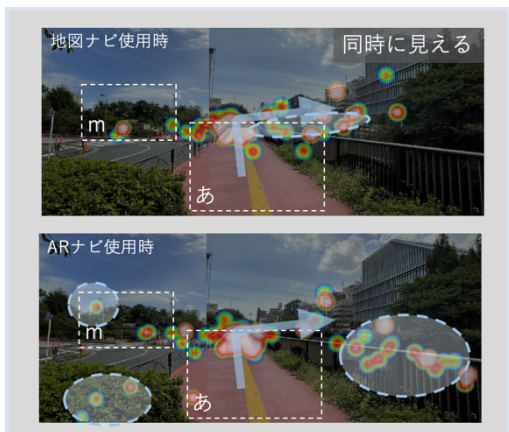


図 7 「あ」「m」のヒートマップ

長方形の点線は課題「あ」「m」にあたる場所を示している/矢印は経路を示している/楕円の点線は多く注視されている場所を囲んでいる

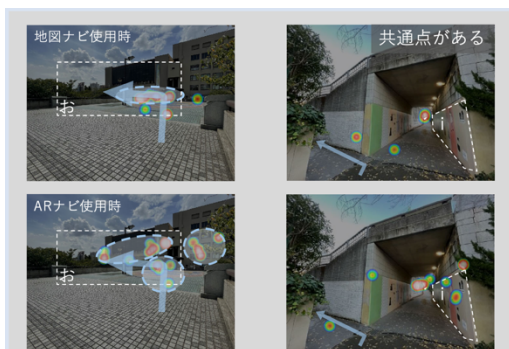


図 6 「お」「i」のヒートマップ

長方形の点線は課題「お」「i」にあたる場所を示している/矢印は経路を示している/楕円の点線は多く注視されている場所を囲んでいる

また、潜在変数の関係を分析した付加分析の結果は図 4 のようになった。このグラフから、同じ被験者がARナビを用いると、地図ナビを用いた場合に比べて全体的な景観認知が達成されて位置関係の理解が低下しており、全体的な景観認知と位置関係の理解がトレードオフの関係にあることが分かる。また、地図ナビを用いた場合の全体的な景観認知の達成度が高い被験者ほど、ARナビを用いた場合の全体的な景観認知の達成度の増加が小さい傾向があって、トレー

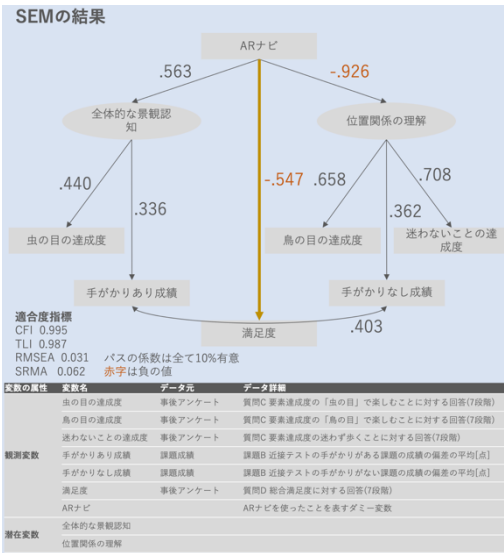


図 5 SEMの結果

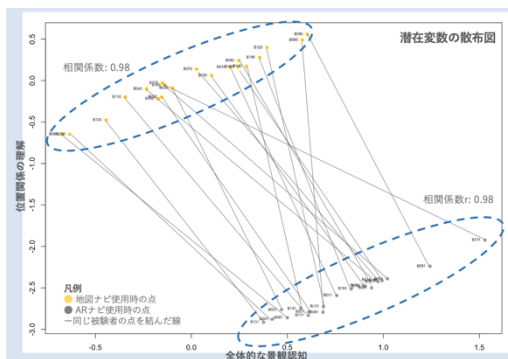


図 4 潜在変数の散布図

ドオフで得られる恩恵の程度が人によって異なることが読み取れる。さらに、同じナビを使った場合は、全体的な景観認知と位置関係の理解には非常に強い正の相関があることが明らかになった。さらに、各被験者の方向感覚とARナビを使った場合に得られる恩恵の大きさの関係は図 8 のようになった。この分析から、方向感覚とARナビを使った場合の全体的な景観認知の差/位置関係の理解の差には負の相関があり、方向感覚が低い程、ARナビを使った場合の位置関係の理解の低下に対する全体的な景観認知が向上し、ARナビの恩恵が大きくなることが分かった。

## 5.2. 実験 ii の考察

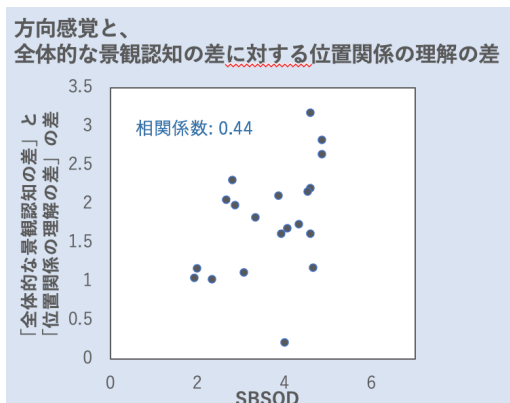


図 8 方向感覚と AR ナビを使った場合の位置関係の理解の変化に対する全体的な景観認知の向上の関係

SBSOD: 事前アンケートの SBSOD の設問の回答の平均

分析Cの結果と、実験 i で分析A行動分析を行った結果分岐点に到達することに場当たりの経路探索を行う(地図ナビを使うと先を見越して経路探索を行う)ことに注意すると、分岐点に到達するまでは経路探索を行わないため、経路探索の探索負荷が減少し、景観を広く範囲にわたってまとめて認知したり、景観中の事物の共通点を認知したりする全体的な景観認知が達成されると考えられる。つまり、仮説①「経路探索の探索負荷が減少して、景観認知が向上する」が正しかったと考えられる。

分析Dの結果から、全体的な景観認知が向上しても、まちなみを楽しむ散歩の満足度は上がらないため、仮説②「景観認知が向上すると、まちなみを楽しむ歩行の満足度が高まる」が正しいとはいえる。これは、ARナビの習熟度が低いためにナビを使いづらく感じてしまい、それが満足度の低下につながってしまうためである可能性がある。今回の被験者は全員地図ナビの使用経験があったのに対して、ARナビを使用した景観があった被験者は1人のみであった。

付加分析から、方向感覚が低いほど、ARナビを使用した場合の恩恵が大きいと考えられる。

仮説	分析	結果(地図ナビに対するARナビの結果)	考察(地図ナビに対するARナビ)
経路探索の認知負荷が減少して、景観認知が向上する	A行動分析 C課題成績の定量的分析	<ul style="list-style-type: none"> <li>分岐点に到達することに場当たりの経路探索を行う(地図ナビを使うと先を見越して経路探索を行う)</li> <li>課題②について、同時に見える・共通点がある事物を選ぶ課題の成績が、対応する課題①の成績に比べて良い</li> <li>課題②について、同時に見えない・共通点がない事物を選ぶ課題の成績が悪い</li> <li>経路に限らず、景観を広く注視する</li> <li>課題に対する注視に大きな違いはない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>分岐点に到達するまでは経路探索を行わないため、経路探索の認知負荷が減少し、景観を広く注視したり、景観を全体として理解したり共通点を見つけることに集中したりして、広い範囲の景観認知が達成される</li> </ul>
景観認知が向上すると、「まちなみを楽しむ歩行」の満足度が高まる	D満足度の定量的分析	<ul style="list-style-type: none"> <li>広い範囲の景観認知が達成されることは、景観認知の主観的な達成度向上に貢献する</li> <li>ARナビを使うと歩行の満足度が低下する</li> <li>広い範囲の景観認知の向上は歩行の満足度向上に貢献しない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>広い範囲の景観認知が達成できると、景観認知が達成されたと感じる</li> <li>広い範囲の景観認知が達成されても、まちなみを楽しむ散歩の満足度は高くならない</li> <li>理由としては、ARナビの習熟度が低いために使いづらく感じる、地図が境界に入らないと不安を覚えているなどが考えられる</li> </ul>
潜在変数の関係分析		<ul style="list-style-type: none"> <li>広い範囲の景観要素が向上し、位置関係の理解が低下する</li> <li>広い範囲の景観の認知と位置関係の理解には非常に強い正の相関がある</li> <li>空間能力が低い程、ARナビを使った場合の位置関係の理解の低下に対する広い範囲の景観認知の向上が大きい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>位置関係を正確に理解できなくなるが、広い範囲の景観認知ができるようになる</li> <li>空間能力が低いほど、ARナビを使用した場合の恩恵が大きい</li> </ul>

表 1 結果と考察

## 6. おわりに

本研究では、「『まちなみを楽しむ歩行』の満足度」という、都市計画上重要であるが主観的で検討が難しい事柄に関して、使用するナビの影響を認知のレベルから説明することによって明らかにすることを目指した。

### 6.1. 本研究のまとめ

本研究の成果として、3 つのことが明らかになった。

- ・AR ナビを使うと分岐点に到達するまでは経路探索を行わないため、探索負荷が減少し、景観を広範囲にわたって見渡したり景観の特徴を捉えたりできて、全体的な景観認知が向上する
- ・全体的な景観認知が向上しても、まちなみを楽しむ歩行の満足度は上がらない
- ・位置関係の理解と全体的な景観認知はトレードオフの関係にあるが、方向感覚が劣っている人は、AR ナビを使うと位置関係の理解の低下に対して景観認知が大きく向上し、大きな恩恵を受けられる

本研究を応用すると、AR ナビを用いた場合に大きな恩恵を受けられるとされる方向感覚が低い人に対して、まちなみを楽しむ観光などでAR ナビを活用してもらうことで、全体的な景観認知を可能にさせることが期待できる。

### 6.2. 研究課題

今後研究を進めるべきこととしては、大きく2 つある。1 つ目は、AR ナビを用いると「まちなみを楽しむ歩行」の満足度が低下することの理由を明らかにすることが挙げられる。具体的には、AR ナビの習熟度が低いためにAR ナビが使いづらく感じられてしまい、それがAR ナビの満足度の低さにつながっている可能性があるため、AR ナビの習熟度が高い人を対象としてデータを取得することが考えられる。2 つ目は、ルートを自分で決定することの影響を反映することである。通常の散歩においては流動的にルートを変えることが多く、そのやりやすさが散歩の満足度に影響するはずである。

他にも、本研究の限界として大きく2 つのことがある。1 つ目は、使用したナビの影響である。AR ナビ、地図ナビといっても個々のナビによって案内の表示方法や操作方法などが異なるため、異なるナビにおいても広くこの結果が適用されるかは分からない。2 つ目は、認知対象が限定的であることの影響である。満足度に影響すると考えられる認知対象としては、今回対

象とした静止した事物の視認以外にも、動く事物の視認や音や匂いなどの認知などが影響すると考えられる。また、それらの中にも満足度を向上させる度合いには違いがあり、満足度を低下させるものも含まれると推測される。

## 参考文献

Dong, W. *et al.* (2021) 'What is the difference between augmented reality and 2D navigation electronic maps in pedestrian wayfinding?', *Cartography and Geographic Information Science*. Taylor & Francis, 48(3), pp. 225–240. doi: 10.1080/15230406.2021.1871646.

Mary Hegartya, Anthony E. Richardsons, Daniel R. Montello, Kristin Lovelace, I. S. (2002) 'Development of a self-report measure of environmental spatial ability', *Intelligence*, 30, pp. 425–447. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160289602001162>.

Wen, J. *et al.* (2014) 'Fighting technology dumb down: Our cognitive capacity for effortful AR navigation tools', *Human-computer interaction: Applications and services*, pp. 525–536. doi: 10.1007/978-3-319-07227-2\_50.

