

顔認証技術の活用による歩行者交通流動調査の実現可能性に関する一考察

福本 大輔¹・蛭子 哲²・木全 淳平³・二木 徹⁴・石田 真一⁵
越智 健吾⁶・関 信郎⁷

¹正会員 一般財団法人計量計画研究所 都市地域・環境部門 (〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町2-9)
E-mail: dfukumoto@ibs.or.jp

²正会員 一般財団法人計量計画研究所 都市地域・環境部門 (〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町2-9)
E-mail: aebiko@ibs.or.jp

³正会員 一般財団法人計量計画研究所 都市地域・環境部門 (〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町2-9)
E-mail: jkimata@ibs.or.jp

⁴非会員 キヤノン株式会社 川崎事業所 (〒212-8602 神奈川県川崎市幸区柳町70-1)
E-mail: niki.toru@mail.canon

⁵非会員 キヤノン株式会社 川崎事業所 (〒212-8602 神奈川県川崎市幸区柳町70-1)
E-mail: ishida.shin-ichi@mail.canon

⁶正会員 復興庁 (前国交省都市計画調査室) (〒100-0013 東京都千代田区霞が関3-1-1 4号館)
E-mail: kengo.ochi.i8c@cas.go.jp

⁷正会員 国土交通省道路局 (前国交省都市計画調査室) 〒100-8918 東京都千代田区霞が関2-1-3)
E-mail: seki-n2dq@mlit.go.jp

これからのまちづくりやマネジメントおよび大規模開発における影響評価等においては、都市の活動量や活性化の度合いをより詳細に測ることが重要であり、歩行者の滞在時間や流動経路も含めて把握できるようにしていく必要があると認識している。

本研究では、ネットワークカメラと顔認証技術を活用した画像データのマッチングによって歩行者の滞在時間を計測し、施設内の行動を把握する調査の実用性を探るものである。大規模商業施設において、試行的な調査を実施した結果、目視によるカウント調査にもとづくサンプル数の9割程度の顔画像データを取得することができた。また、複数のカメラによって得られた画像について、顔認証技術を用いてマッチングをかけ、その時間差から施設に滞在する人と通過する人を判別、推計した結果、時間帯によって実際の滞在者数とのズレが大きくなるなどの知見が得られ、今後映像解析を用いた調査を導入していく際の知見を得ることができた。

Key Words : Face authentication system, Pedestrian traffic flow survey, Network camera, Traffic impact assessment, Pedestrian behavior

1. はじめに

近年、地区や街区において、施設の計画や管理・運営などのマネジメントを適切に実施するためには、都市活動のモニタリングが重要になってくる。国土交通省が進めているスマートシティの取り組みにおいても、新技術等を活用した地区をマネジメントする手法が重要視されており、各地のプロジェクトで実施されつつある段階にある。

国土交通省では、平成31年3月に、「まちの活性化を測る歩行者量調査のガイドライン¹⁾」を発行し、GPSやWi-Fi、レーザーカウンター、カメラ画像などの新技術を活用した歩行者計測手法の特徴と調査への活用についての有意性や留意点等を公表している。文字通り、まちの活性化と歩行者交通量との関係性を示すものであるが、都市の活動量や活性化の度合いをより詳細に測るには、歩行者の滞在時間や流動経路も含めて把握することが不可欠であると認識している。

また、従来から都市の枢要な地区を中心に大規模開発が数多く計画、実施されてきており、これらの開発関連交通の周辺への影響について、実態に併せて適切に予測・評価し、それに対応した交通計画の策定を図ることが重要な課題と認識されており、国土交通省では、「大規模開発地区関連交通計画マニュアル²⁾」（以下「大規模マニュアル」という）を示してきたところである。この大規模マニュアルは、地域の実情や最新データを踏まえたものとするべく適時改訂されており、現在は、平成26年6月に公表されたものが最新となっている³⁾。

近年、開発の大規模化、用途の複合化などが進み、開発地区内での移動（内々交通）や施設に立ち寄らない通過交通の存在など、よりきめ細やかなモニタリングとそれに基づくマネジメントを可能とする手法が求められており、一方、調査にかかるコストや必要な人材の確保、施設内に調査員を配置することの許可取得などの負担が重いという課題があり、前述の新技术を活用した歩行者計測手法の適用することなどにより、継続的かつ効率的なデータ取得方法を検討する必要性が高まっている。

本研究では、ネットワークカメラ（以下、カメラ）と顔認証技術を活用し、大規模施設の出入口での人数カウントや画像データのマッチングによる施設内の行動を把握する歩行者流動調査を試行的に実施し、実務における実用可能性を検証するものである。

なお、同様の調査をWi-Fiデータを用いて試行した結果、調査断面以外のデータを過剰に拾ってしまうなど、多くの課題が存在したため、本論では、ネットワークカメラと顔認証技術を活用した調査についての知見を整理することとする。

2. 本研究における調査の概要

本研究では、大規模商業施設を対象に、複数のカメラを用いることにより、歩行者の交通量だけでなく、複数断面の通過時刻を用いた滞在時間を計測し、施設内に滞在したか、素通り（通過）したかを判定する（表-1）。

具体的には、施設内の通路の両端にそれぞれ調査対象断面を設定し、その断面間では、そのまま通過するか、施設出入口から入退館（施設内で滞在）するかのどちらかの行動が取られるため、それを断面の通過時刻から判別する。4方向（2つの断面の方向別（入退館別））の通過時刻と顔画像を観測できる位置にカメラを設置、記録する。記録した映像は、キヤノンの顔認識技術によりID化され、複数のカメラによって取得された情報をマッチングすることで、来訪者の施設内での流動（滞在時間）を把握し、施設を単純に通過したのか、施設内に滞在したのかを判別、分析する手法を取った（図-1、図-2）。

表-1 調査概要

調査対象施設	東京都銀座に立地する約5万m ² の大規模商業施設
調査日時	1) カメラ調査 2019年1月30日（水）11:00～18:00 （施設管理者との協議の結果） 2) 施設出入り交通量調査 2019年1月30日（水）10:00～22:00
調査方法	1) カメラ調査 ・ 施設1階の通過交通が発生する通路（2断面）にカメラを設置し、施設訪問者の映像を記録 ・ 取得した映像から顔認証技術により来訪者の個人識別情報（顔の特徴）を分析、データ化 ・ 各断面で取得した個人識別情報をマッチングすることで、施設内の滞在時間を推計 ・ その結果を活用し、通過交通と施設の滞在交通とを判別 2) 施設出入り交通量調査 ・ カメラ調査の検証のため、施設の発生集中交通の対象となる全ての出入口に調査員を配置し、目視により出入り人数をカウント（調査員は、カメラの管理も行う）

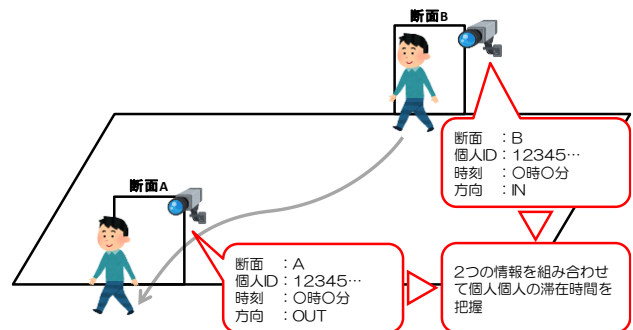


図-1 マッチングのイメージ

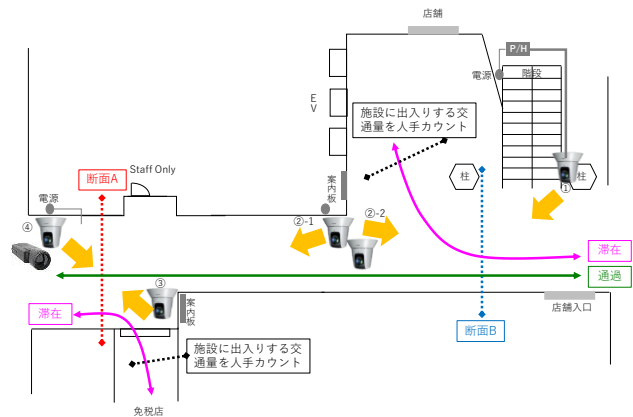


図-2 カメラの設置位置と調査断面および歩行動線の関係



図-3 調査に使用したカメラの例

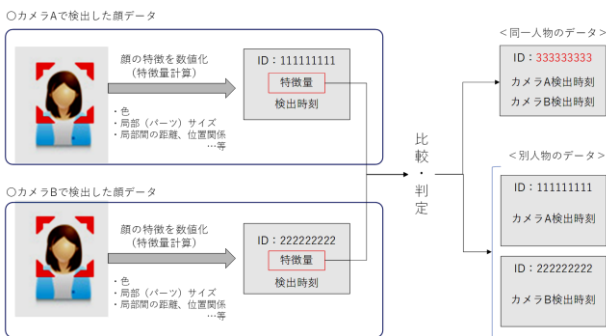


図-4 2つの顔画像のマッチングイメージ

ネットワークカメラを利用した 交通実態調査 実施中

- ・ 本日、当施設の1階通路において、国土交通省による、ネットワークカメラを利用した交通実態調査を行っております。
- ・ この調査では、当施設1階通路における歩行者の交通実態を把握することを目的としています。
- ・ 撮影した映像は、暗号化した上で、上記利用目的にのみ利用し、利用目的終了後、速やかに削除します。
- ・ 撮影した映像を第三者に提供することはありません。

<データ取得のイメージ>



本調査の分析においては、個人を特定可能な情報は使いません。

お問合せ先：
国土交通省 都市局 都市計画課 都市計画調査室
一般財団法人 計量計画研究所
電話：03-3268-9779 調査担当

図-5 調査現場における告知文の例

なお、断面Aでは、方向別（入退館別）にカメラを2つずつ設置（1つずつ増設）することとした（図-3）。これは、カメラ付近に強い光の案内板が設置されていることへの対応や設置可能箇所と調査断面の距離などを勘案して、より精度の高いデータを取得するための予備として用意したものである。

3. 画像解析の仕組みと個人情報保護への対応

本調査では、キャノンの顔認証技術により、カメラで検出した顔画像について、IDを割り振り、色、目・口等の局所の形状、配置等の特徴を数値化したものを分析に用いている。特徴量を算出するため、顔画像そのものは分析には使用しておらず、マッチングする際には、各カメラで検出されたIDの特徴量を比較し、誤差が一定の範囲内の場合、同一人物と判定し、IDを統合するという作業を行っている（図4）。

これらは、調査の企画段階から「カメラ画像利活用ガイドブック⁴⁾」に基づく措置を行いつつ、キャノン社内規定に則り、個人情報保護について厳重に管理を行ったものである。具体的な対応例としては、以下ようなことが挙げられる。

- ・ 映像は、管理番号と使用者が厳密に管理されたPCやHDD上のみで使用
- ・ 映像は、今回の目的以外には一切使用せず、解析後は、速やかにデータを破棄
- ・ 通行人にに対し、実証実験の目的、期間、データの保持期間等を明示した告知文を現場で掲載（図-5）

4. 分析結果

各断面の入退館について、顔認証技術により検出されたデータ数と目視カウントにより計測したデータ数を比較し、カメラで捕捉できている人の割合（顔認証検出率）を算出することにより、カメラによる顔認証の精度を検証する。

その上で、各断面で取得した顔認証データをマッチングし、出入り方向とその検出時間差によって判定した移動パターンをもとに、2つの断面で検出された顔認証データが同一人物とみなされる場合に、記録された時間（2つの断面間を移動する時間）が1分未満の場合に「通過」、1分以上および出口での検出がなかったもの（調査時間内に退館しなかったとみなされるデータ）を「滞在」とし、全体（通過と滞りの合計）に占める通過の割合を「通過率」として算出した。この通過率を人手観測の入館者数に乗じることで、「通過交通量」を算出し、

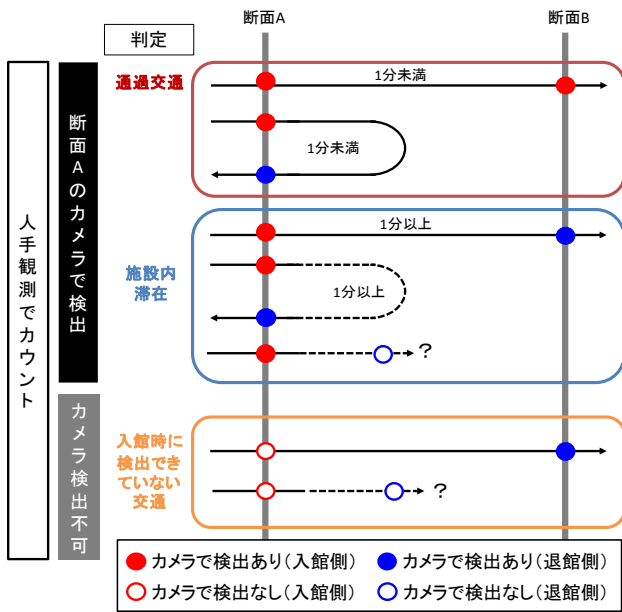


図-6 断面Aから流入する人の移動パターン

入館者数から通過交通量を差し引いた値を「建物内滞在交通量」として推計する。(図-6)。その移動パターン毎の集計結果を用いることにより、通過率やそれに基づく通過交通量、滞在交通量を推計し、目視カウントにより計測した施設入退館者数と比較することで、推計の精度を検証する。

(1) 顔認証検出率の検証

顔認証により観測した各断面別・出入方向別データの検出数を、人手観測により計測した出入り人数と比較することで、顔認証検出率を検証する。

(断面A入館者の顔認証検出率)

$$= (\text{カメラによる断面A入館検出数}) \div (\text{人手観測による断面A入館者数})$$

検証した結果、顔認証検出率は、どの断面・方向でも9割程度となった(表-2)。これは、断面付近における混雑状況や入退館者の顔の向きによって取得できない場合があることなどを考慮すると、十分な検出率が得られているように感じられる。しかしながら、このデータのみで検出率の精度について判断することはできない。

実際、各カメラの検出率を時間帯別にみると、検出率がかなり低い時間帯が存在したり、検出率が100%を超えている場合があることも確認された(図-7)。

検出率が低い時間帯は、断面付近に滞在する人が多いなど、カメラのアングルの、顔画像のデータを取得できないことによるものであり、物理的な要因といえる。これは、対象断面の復員やカメラの位置、角度などの条件が理想的に配置できない限り、一定程度存在してしまうデータ欠損であると考えられる。

表-2 各カメラの顔データの検出率

断面	人手観測 (A)	カメラ検出 (B)	検出率 (B/A)
断面 A_in	1,542	1,393	90.3%
断面 A_out	2,378	2,233	93.9%
断面 B_in	2,341	2,023	86.4%
断面 B_out	2,873	2,840	98.9%

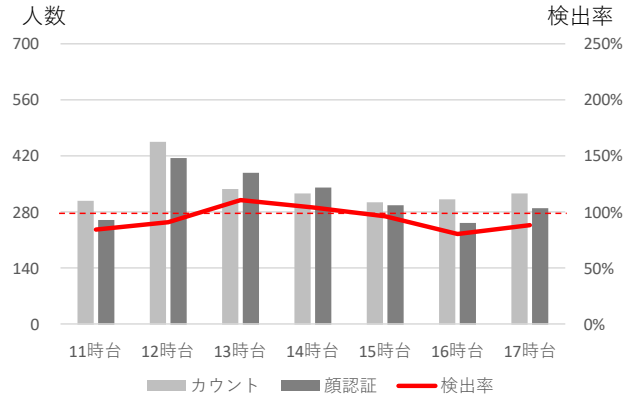


図-7 時間帯別の検出率 (断面Aの流出側の例)

表-3 検出率が過大となる要因と状況の関係

検出率が過大となる要因	考えられる現場の状況
断面を通過していない人(本来、調査対象ではない人)の顔画像を検出した場合	<ul style="list-style-type: none"> 建物外の通行者(対象施設内を通行していない人)を検出 断面の手前で曲がったり折り返したりした人を検出
同一時間帯、同一断面における同一人物の複数の顔画像を異なる人物として検出した場合	<ul style="list-style-type: none"> 人が重なった際に、顔の追尾が途切れ、前後の顔画像データを別人として検出 通過中に下を向いてから再度上を向くなどの動きが原因で、別人として検出

一方で、検出率が100%を超えている状況は、大別して以下の2種類の過剰検出が考えられる。

<検出率が100%を超える過大検出の要因>

- 断面を通過していない人(本来、調査対象ではない人)の顔画像を検出した場合
- 同一時間帯、同一断面における同一人物の複数の顔画像を異なる人物として検出した場合

これらの過大検出が起こる状況については、表-3のように整理できる。

(2) 通過率・建物内滞在交通量の推計による精度検証

建物内滞在交通量について、実際に建物の出入口でカウント調査を行った観測値と顔認証データを用いた推計値を比較することで、推計の妥当性(マッチング精度)を検証した(図-8)。

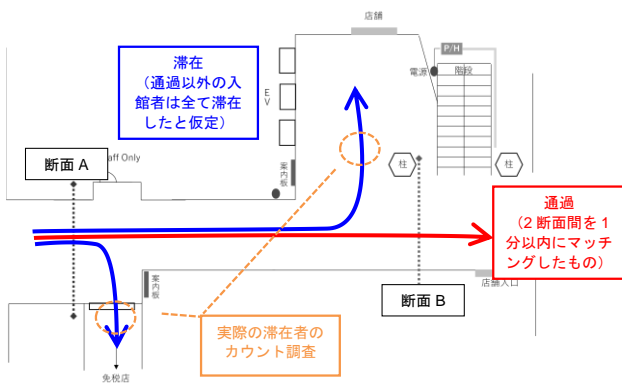


図-8 通過交通量と滞在交通量の算出方法

表-3 滞在交通量の推計・カウント比較

カウント調査による 建物内滞在交通量観測値 ※図-8の○印で人手観測	顔認証データを用いた 建物内滞在交通量推計値 ※図-8の青曲線矢印
2,463人	3,336人

(断面A入館者の通過率)

$$= (\text{マッチングによる通過交通の検出数}) \div (\text{カメラによる断面A入館検出数})$$

(断面A入館者の滞在交通量推計値)

$$= (\text{人出観測による断面A入館者数}) \times (1 - \text{断面A入館者の通過率})$$

検証の結果、建物内滞在交通量について、カウント調査による観測値が2,463人であったのに対し、顔認証データを用いた推計値は3,336人となり、3割以上過大に推計することとなった(表-3)。これは、通過交通を過小推計してしまっている結果といえる。

通過交通の過小推計が起きてしまうことについては、以下の3種類の要因が考えられる(表-4)。

<通過交通が過小推計となる要因>

- ・ 同一人物を他人として処理することにより、入館後、退館していないサンプルが生じてしまう場合
- ・ カメラの検出率が過大になっている場合
 - 断面を通過していない人(本来、調査対象ではない)の顔画像を検出した場合
 - 同一時間帯、同一断面における同一人物の複数の顔画像を異なる人物として検出した場合

5. まとめ

(1) 得られた知見

本研究では、大規模商業施設内の限られた通路を対象として、4カ所(2断面×2方向)にカメラを設置し、顔

表-4 通過交通を過小推計してしまう要因と状況の関係

通過交通を過小推計する要因	考えられる現場の状況
同一人物を他人として処理することにより、入館後、退館していないサンプルが生じてしまう場合	<ul style="list-style-type: none"> ・ 同一人物の入館の際の顔画像と退館の際の顔画像が別人として検出 (マスクの着用など、特徴量が少なくなっている場合に発生しやすい)
カメラの検出率が過大になっている場合	<ul style="list-style-type: none"> ・ 建物外の通行者を検出 ・ 断面の手前で曲がったり折り返したりした人を検出 ・ 人が重なった際に、顔の追尾が途切れ、前後の顔画像データを別人として検出 ・ 通過中に下を向いてから再度上を向くなどの動きが原因で、別人として検出 <p>※表-3の再掲</p>

認証データを用いて入館時刻と退館時刻を把握することにより、館内での挙動を「通過」と「滞在」に分類する調査手法を適用し、その有用性と今後の課題を確認した。

a) 映像解析技術による個人の識別可能性を確認

設置したカメラによって、入退館者の顔画像を取得することについては、約9割の検出率で多くのサンプルを取得できることが確認できた。ただし、混雑状況や調査断面とカメラの位置関係などにより、検出率が低くなる場合や断面を通過していない人を検出したり、同一人物を複数の別人として検出する場合もあるため、留意が必要である。

b) 複数の地点間の行動を把握できる可能性を確認

入館と退館の2つの画像データをマッチングすることにより、館内の滞在時間(2点間の挙動)を把握できる可能性についても確認できた。ただし、映像解析技術を用いた推計値とカウントによる実測値を比較した検証結果としては、3割程度の誤差が生じることが確認され、現段階では調査環境に依存する技術面での課題が存在するため、交通の絶対量が施設計画に影響するような実務にそのまま適用できるほどの精度を確保することは難しいということが確認された。

一方、現段階でも、継続的に長期間の流動や滞在のパターンを把握することができる可能性は示せたと考える。従来の調査員を配置して通行人にアンケートを手渡す手法が実施困難な中、本手法は、モニタリングやマネジメントに活用するのに有益な手法と考えられる。

c) 個人情報保護への対応

カメラ画像による顔認証という新たな取組を実践する中で、事前および当日の告知、調整やデータの厳重管理などの個人情報保護の対応を確実に実施することの重要

性が確認できた。

(2) 今後の課題

本研究で用いたネットワークカメラ及び映像解析技術を施設内の交通行動特性の調査や都市における歩行者交通流動調査に適用しようとした場合、現時点では、以下のような課題がある。

a) 社会受容性の向上

本研究では、調査の企画段階から十分に配慮、調整することにより問題は生じなかったが、ネットワークカメラを設置することについて、施設管理者等が調査実施に難色を示すことが多いため、調査実施可否やカメラ設置箇所の調整等に時間を要する。一般的に展開していくためには、丁寧に個人情報保護の措置をしていることや有用な事例を積み上げることで社会受容性の向上を図る必要がある。

b) カメラ設置可能箇所の確保

建物の構造や施設管理者の意向、公共空間の有無等により、カメラを設置できる箇所は限定的になることが多い。そのため、精度の高い顔認証データを取得しやすい画角で撮影できる場所や電源が確保できる場所などの理想的な箇所にカメラを配置できる可能性は低い。

また、既設の防犯カメラ等を利用しようとした場合、現段階では、セキュリティ上、交通流動調査に活用することは難しいことや防犯カメラの設置箇所と交通流動調査をしたい箇所が必ずしも一致しないという課題もある。

今後は施設や都市の装置としてネットワークカメラの配置を検討できるような仕組み・制度等を検討する必要があるだろう。

c) 顔認証技術の精度向上

調査対象断面を出入りする人の画像検出が過大になったり、過小になったりすることが確認されたため、顔の

特徴量を算出する条件と精度の関係や調査個所の環境（調査断面とカメラの位置関係（高さ、距離、角度等）や暗さ、光の角度等）が与える精度に与える影響やその解決手法など、さらなる精度向上に向けた取り組みが必要になるといえる。

(3) おわりに

大規模施設における通過交通など、建物内での移動状況や滞在時間等を分析する際に、ネットワークカメラ及び映像解析技術を用いることは有益な手法と考えられる。

また、本研究で得られた知見は、大規模施設を対象とした調査に留まらず、都心全体などを対象とした歩行者交通流動（軌跡）を把握するための一手法となる可能性を高めるものであり、今後、スマートシティを始めとした都市の装置・機能として、顔認証技術に基づくデータ取得の有用性の検討（計画、モニタリング、マネジメントなど）につなげる期待のあるものと考えられる。

現段階では、様々な課題を有するものの、設置位置や条件設定などの環境の改善を図りつつ、平行して技術向上も進めていけば、実用化が期待されるものであるため、今後も実績を重ね、知見を蓄積していくことが重要であると考えられる。

参考文献

- 1) 国土交通省：まちの活性化を測る歩行者量調査のガイドライン（ver1.1），2019.
- 2) 国土交通省：大規模開発地区関連交通計画マニュアル改訂版，2014.
- 3) 矢島隆ほか著：大規模都市開発に伴う交通対策のたて方，(財)計量計画研究所，2008.
- 4) IoT 推進コンソーシアム：カメラ画像利活用ガイドブック ver2.0，2018.

(2019.10.4 受付)

A STUDY ON THE FEASIBILITY OF PEDESTRIAN TRAFFIC FLOW SURVEY USING FACE AUTHENTICATION SYSTEM

Daisuke FUKUMOTO, Akira EBIKO, Junpei KIMATA, Toru NIKI, Shinichi ISHIDA, Kengo OCHI, Nobuo SEKI