

神戸市における Wi-Fi データを活用した 歩行者行動分析

岡平 孝司¹・川名 義輝²

¹非会員、神戸市役所住宅都市局計画部都心三宮再整備課
(〒651-0087 兵庫県神戸市中央区御幸通 6-1-12 三宮ビル東館)
E-mail: takashi_okahira@office.city.kobe.lg.jp

²非会員、株式会社ワイヤ・アンド・ワイヤレス
(〒104-0061 東京都中央区銀座 6-2-1 Daiwa 銀座ビル)
E-mail: yoshiteru.kawana@wi2.co.jp

神戸の都心において「人と公共交通中心の交通環境の形成」を目指して、現在の都心全体及び特に交通結節点における歩行者の行動特性を把握し、歩行者ネットワーク及び交通結節点の整備計画のほか、様々な施策の効果検証を目的として、公衆無線 LAN によるインターネット接続サービス（以下、Wi-Fi）の通信機器への接続情報ログ（以下、Wi-Fi データ）を活用した歩行者の回遊ルートの解析を行うものである。

本研究では、約 5 ヶ月間の Wi-Fi データの日時と Wi-Fi アクセスポイントの位置情報から移動経路を推測し、路線別時間帯別の歩行者交通量や駅間の移動手段別の人数、エリアごとの滞在状況、平日休日のほか気温変動などの変化を把握するなど、従来の調査では困難であった解析が可能なが考察できた。

一方、属性情報は、個人情報保護の観点から把握することができず今後の課題となった。

Key Words: *pedestrian, behavior analysis, Wi-Fi, migration*

1. はじめに

神戸市では、未曾有の大災害であった「阪神淡路大震災」から 20 年が経ち、復興事業や財政再建が落ち着いたところで新たなステージとして、今後、日本の各都市が超高齢化、少子化に伴う人口減少社会に直面する中で、国際競争力の強化や都市間競争において「選ばれる都市」となるべく、未来創造型の都市の実現に向けて、神戸の都心の『未来の姿』（将来ビジョン）や三宮周辺地区における『再整備基本構想』を平成 27 年 9 月に策定して、その構想に基づき、各取り組みを推進しているところである。

その中の主要なテーマとして、「人と公共交通中心の交通環境の形成」を掲げており、歩行者ネットワーク強化や滞留空間の創出、各主要駅における交通結節機能の強化によって歩行者回遊性の向上を図っていく必要がある。また、事業の実施に際しては、前後比較及び費用対効果の算出などが必要になるが、これまでも各個別の事業ごとに整備対象路線の交通データの収集を行うなど、財政の負担面より十分な歩行者の回遊性を定量的に把握できたとはいえない。しかし、今後は、行政として説明

責任がより厳密に問われることが想定されるために、都心部などの広範囲における歩行者の交通行動特性の把握は、PDCA サイクルを着実に実施していくためには不可欠と考える。そのため、公衆無線 LAN によるインターネット接続サービス（以下、Wi-Fi）の通信機器への接続情報ログ（以下、Wi-Fi データ）を活用して歩行者の回遊ルートの解析を行った。

そこで、本研究では、約 5 か月間に収集した Wi-Fi データの日時と Wi-Fi アクセスポイント（以下、AP）の位置情報から移動経路を推測して、路線別かつ時間帯別の歩行者交通量や、エリアごとの滞在状況、平休だけではなく天候の変動による歩行者の回遊性の変化を面的に解析することで歩行者流動の現状把握及び歩行者動線課題の抽出を行うことを目的とする。

2. 既存調査レビュー

(1) 関連する既往調査

歩行者の回遊行動の把握を目的として、従来は、都市圏レベルにおいてパーソントリップ調査（以下、PT 調査）が実施されている。PT 調査では、目的や手段など

の移動特性と性別、年齢、職業などの個人属性が把握できる。しかしながら、通常の PT 調査は、特定の 1 日を対象とした大規模な調査であるため、実施頻度が低い。たとえば、3 大都市圏 PT 調査の実施頻度は、10 年に 1 度である。そのため、今後、面的かつ継続的にまちづくりを計画及び実施していく上での基礎情報としては、PT 調査結果だけでは十分とはいえず、個人の交通行動を詳細かつ継続的に把握する調査手法が求められる。

一方、個人の交通行動を詳細かつ継続的に把握する調査手法として、GPS などのセンサを用いて個人の移動履歴情報を収集するプローブパーソン調査（以下、PP 調査）が開発されている。PP 調査は、アンケート調査では把握が困難であった移動経路や正確な時刻などの移動履歴情報の収集が可能である。PP 調査は、朝倉¹⁾らにより、PHS を利用した交通行動調査手法として開発され多くの都市で運用されている。

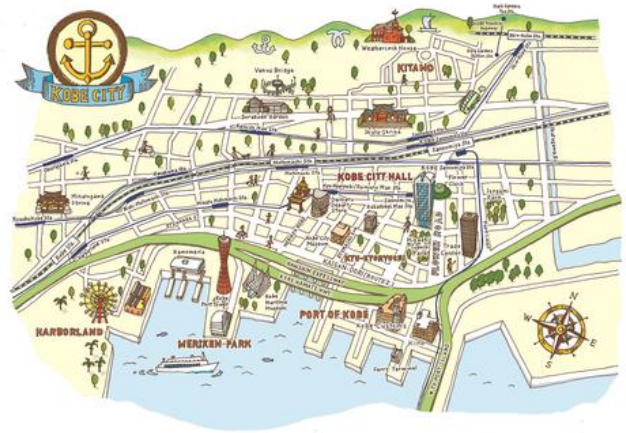


図-1 分析対象範囲

表 - 1 過去の交通行動分析に活用した調査概要

	パーソントリップ調査 (PT 調査)	プローブパーソン調査 (PP 調査)
調査目的	人の動き（地域別・交通手段別等の交通実態）を総合的に把握する	個人の交通行動を詳細かつ継続的に把握する
調査期間	平成 22 年 10 月～11 月	平成 25 年 11 月～12 月
調査範囲	近畿全域（2 府 4 県）	神戸市中央区
サンプル数	35 万世帯（74 万人）	58 人

(2) 本研究の位置付け

従来の調査においては、歩行者の点情報もしくは線情報の把握はできるもののサンプル有効数が少ないといった課題があり、データ活用には十分留意する必要がある。

一方、今回実施した調査においては、Wi-Fi データを用いて広範囲かつ細街路での歩行者の回遊を含めた面情報まで把握することが可能である。また、通常は Wi-Fi スポットとして利用されていることから日々の Wi-Fi データを蓄積しているために、時系列の変化も把握することが可能であり、今後の「人と公共交通中心の交通環境の形成」に向けて計画反映及び効果検証を目的とした基礎資料として活用する。

3. 分析対象ならびに分析方法

(1) 分析対象範囲

本研究を実施する対象範囲は、図-1 に示すとおり兵庫県神戸市中央区とする。

(2) 分析対象の概要

本研究では、神戸都心エリアにおいて下記項目での調査を実施した。

- ・都心内の主要道路の歩行者交通量
- ・三宮駅周辺のデッキと地下通路の交通量
- ・都心内観光地等の滞留場所及び滞留時間

なお、上記の調査項目における課題を明確にするために必要な情報を下記の通りに分類する。

- ・交通特性情報
- ・空間属性情報
- ・時間属性情報
- ・歩行者属性情報

(3) 分析方法

歩行者の持った Wi-Fi 通信端末と AP が通信すると AP ログが発生し、その AP ログを用いて歩行者の位置情報を推計する。Wi-Fi 通信端末を同時に検知した AP の数によって図-2 に示す一点近傍法、三点測位法、参照点近傍法を組み合わせて最適な位置推計方法を選択する。

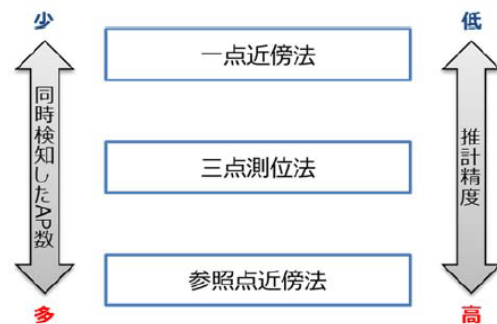


図-2 各分析方法の組み合わせ

a) 一点近傍法

Wi-Fi 通信端末を同時に検知した AP が 1 個のみの場合、この AP の位置情報を利用して、歩行者の位置を推定する方法であり、歩行者の所在地の可能範囲を円形として、AP の位置を測位円形の中心点として、図-3 に示す Wi-Fi の電波範囲を測位円形の半径とする。

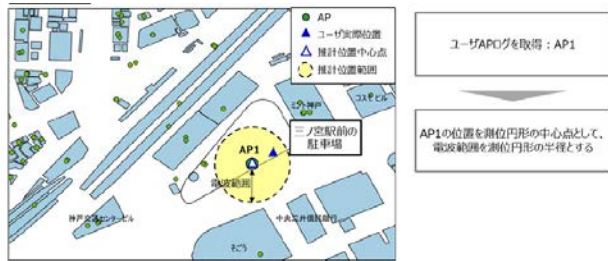


図-3 一点近傍法

b) 三点測位法

Wi-Fi 通信端末を同時に検知した AP が 3 つある場合において、3 つの AP の位置情報を利用して歩行者位置を推定する。歩行者の所在地の可能範囲は、図-4 に示す 3 つの AP から得た測位円形の交差部分とする。

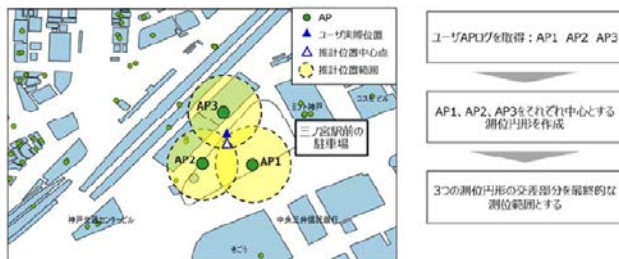


図-4 三点測位法

c) 参照点近傍法

参照点近傍法の利用においては、予め複数の参照点で AP ログの履歴を記録して検索データベースで作成する。そして、図-5 で示す歩行者の AP ログと参照点の AP ログ履歴をマッチングして、AP ログが最も類似する参照点を歩行者の推計位置とする。



図-5 参照点近傍法

d) 歩行者通行ルートの推計

歩行者の測位情報をもとに、移動距離、道路の構成、交差点の数などの情報を用いて、図-6 に示す歩行者の最も確率の高い歩行ルートを推計する。

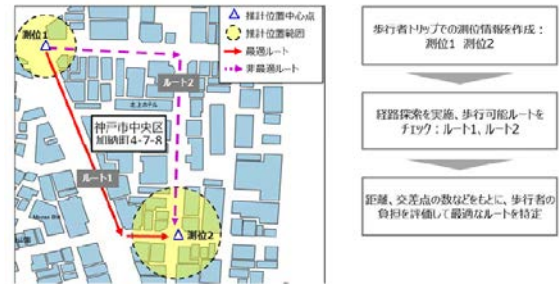


図-6 歩行者通行ルートの推定方法

e) 歩行者ゾーン流入、流出交通量の推計

図-7 のようにゾーン単位 (駅、ビル、店舗あるいは地域メッシュなど) で AP をグルーピングして、AP ログから流入・流出交通量の合計を集計する。さらに予測モデルを用いて交通量を補正し、流入・流出ルートの割合からゾーン流入・流出交通量を推計する。



図-7 歩行者ゾーン流入、流出交通量の推計

f) 主要道路の歩行者通過交通量の集計・算出

図-7 において集計した歩行者の通行ルートをもとに、図-8 のように道路区間単位での通過交通量を集計して、補正処理して交通量を算出する。



図-8 通過交通量の算出方法

g) 歩行者属性の把握（在住者、来街者）

歩行者属性の把握として、以下の方法で神戸市内在住者と来街者の推定を行う。

- ・分析対象期間におけるログ出力日数が一定の基準値以上のユーザを抽出する。ログ出力日数が十分でないユーザは推定対象より除外する。
- ・神戸市内、神戸市外のログ出力日数をカウントして、出力日数の割合を算出する。
- ・神戸市内、神戸市外のログ出力日数の分布を確認して、日数の割合の基準値を決定する。そして、基準値以下の場合には来街者と判定して、それ以外は在住者として判定する。

判定例 1	神戸市内	神戸市外
ログ出力日	2015/10/01 2015/10/02 2015/10/04 2015/10/06 2016/10/07	2015/10/01 2015/10/05
ログ出力日数	5日	2日
ログ出力日数の割合	約71%	約29%
判定結果	神戸市在住者	

図-9 歩行者属性（在住者）の判定例

判定例 2	神戸市内	神戸市外
ログ出力日	2015/10/05	2015/10/01 2015/10/02 2015/10/03 2015/10/04 2015/10/05
ログ出力日数	1日	5日
ログ出力日数の割合	約17%	約87%
判定結果	来街者	

図-10 歩行者属性（来街者）の判定例

h) 歩行者交通の影響要因

歩行者交通に与える外的要因として、以下に示す通り天候、平日・休日などの要因を考慮する。

- ・天候：降水ありと降水なしの天候条件を考慮する。
- ・平休：平日期間と休日期間に分けて分析する。

4. 調査結果の分析

(1) 分析結果の精度

対象地区内におけるメッシュ単位の AP 数は図-11 に示す通りであり、AP 数が 10 個以上の場合は、歩行者の動きを捕捉することが可能で AP が 5 個以上の場合は 0.8%、2 個以上の場合は 0.5%、1 個の場合は 0.3%の歩行者の動きを補足する。

なお、過年度に実施した歩行者の実測調査結果と AP ログから、時間帯別の交通量の補正係数を算出して、外れ値を省いた 90%の分布区間に入る補正係数の誤差範囲は±25%であった。よって、分析精度は約 75%と推定することができる。

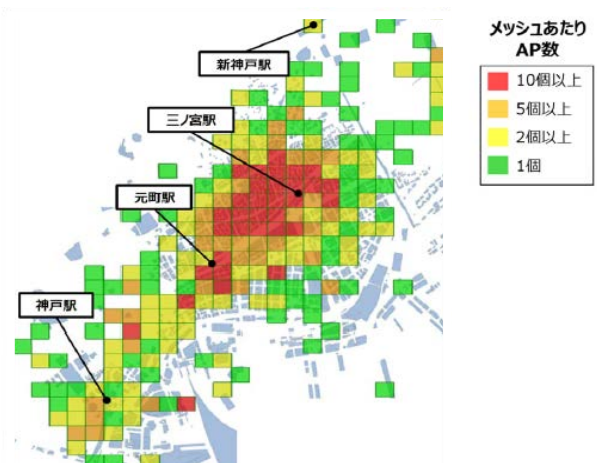


図-11 メッシュあたりの AP 数ヒートマップ

また、図-12、13 のように休日での AP ログから算出した三宮交差点部の横断歩行者数の時間帯別の交通量分布と調査期間中に実施した実測交通量調査結果を比較して分析精度の確認を行った。

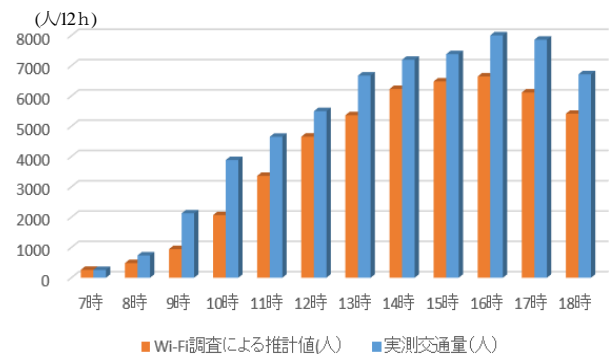


図-12 推計結果の精度分析（時間帯別比較）

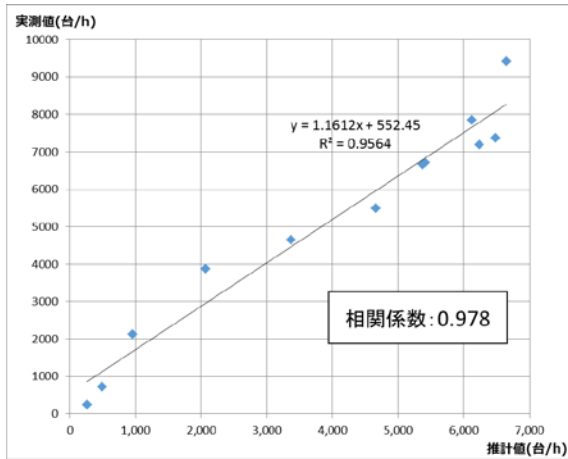


図-13 推計結果の精度分析 (相関係数)

(2) 分析結果

a) 交通特性把握

歩行者の交通特性を把握することを目的に天候条件の変化（降水ありと降水なし）において日常の利用頻度が高い横断歩道橋と地下街通路の各歩行者交通量の変化を検討することとした。図-14 に示す結果より、横断歩道橋の交通量は降水ありの際に減少しているが、反対に地下街通路の交通量は増加している。つまり、天候条件の変化により歩行者は雨や風の影響が少ない地下街通路を選択する傾向が強いことが考えられる。

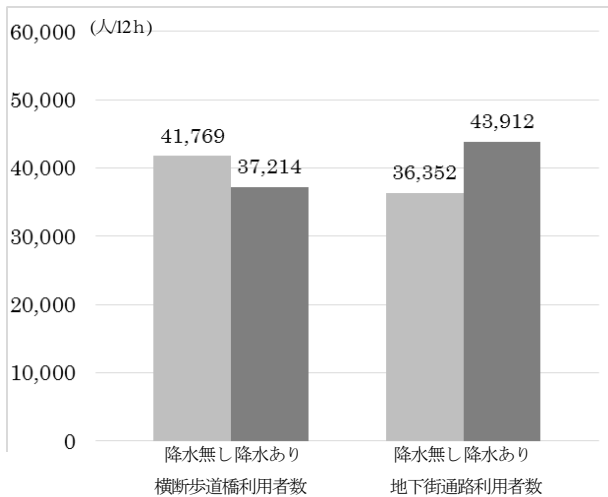


図-14 天候条件の変化における各交通量の変化

b) 空間属性把握

次に平日・休日の空間属性の把握を目的に港街神戸の代表的な観光地であるハーバーランド（大型商業施設：Umie mosaic）における平日・休日の滞留人口の変化を検討することとした。図-15 に示す結果より、平日の滞在人口より休日の滞在人口が約 14 倍多い。そのため、当該エリアのような大型商業施設においては、休日の滞在人口が多い傾向にある。

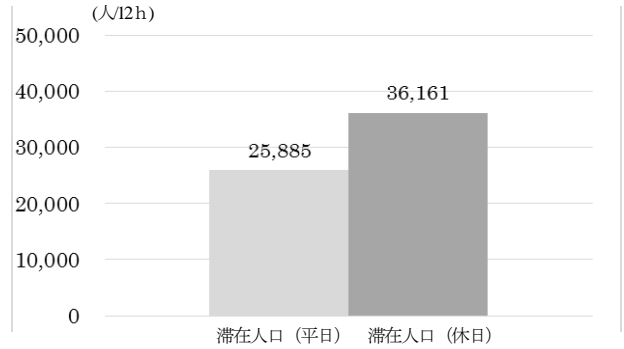


図-15 平日・休日の滞留人口の変化

c) 時間属性把握

次にイベント時など時間属性の把握を目的として、こうべ海上花火大会（8 月）実施時と通常の日において、会場へのメインストリートでの歩行者流動の変化を検討することとした。図-16 に示す結果より、通常と比較すると海上花火大会当日はどの時間帯においても交通量が多い傾向にある。そのため、イベント等の実施により、発生交通量が増加することが伺える。

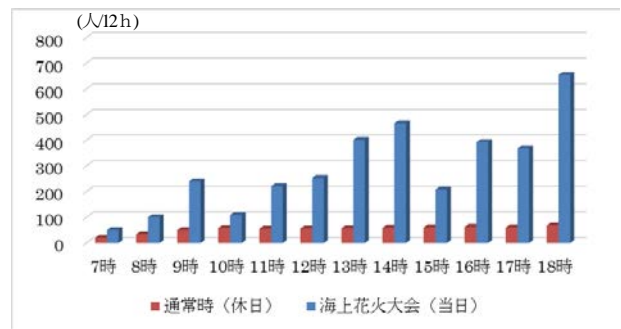


図-16 イベント時での交通量比較

d) 歩行者属性把握

次に歩行者属性把握を目的に南京町における在住者及び来街者の滞留人口を検討した。なお、集計にあたっては、同一 AP と 15 分以上通信している人数とする。図-17 に示す結果より主要観光地における来街者の割合が高い。また、図-18 のように同エリアにおける歩行者属性ごとの滞留時間及び滞在人口を集計すると在住者は、勤務などによって滞在時間が 4 時間以上の割合が多い。来街者は、同エリア内において、滞在時間は 2 時間以内であり、10 時から 15 時の時間帯でその多くを占めている。

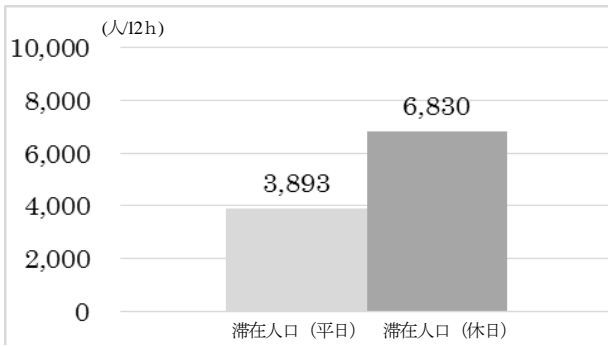


図-17 南京町における歩行者属性別の滞留人口比較

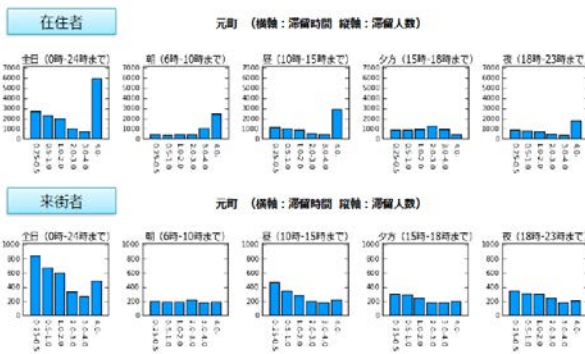


図-18 南京町の歩行者属性別の滞留人口と滞在時間

在人数、平日休日のほか天候変化などの各結果をクロス集計することにより、様々な場面における人流の変化を把握することが出来る。そのため、歩行者動線の強化路線の抽出だけではなく、今後の休憩や待合い施設などの滞留空間の創出箇所の決定や沿道での店舗出店を後押しするための基礎資料として有効活用できるなど従来の調査では困難であった各街路における交通特性情報を詳細に把握することが可能である。

(2) 今後の課題

また、今回の調査においては、歩行者交通量の推計値と実測値が近似値になる路線や大きく異なるエリアが存在した。原因としては、対象地区内におけるメッシュ単位の AP 数によって推計値の精度が左右されるなど地域によって精度が異なるためであると推測できる。今後はメッシュ単位の AP 数を増加させることで調査精度が向上する可能性が伺える。

さらに、本調査においては、個人情報保護の観点より利用者の属性情報（年齢、性別）や経路情報については、分析元データとして扱わなかったが、今後は詳細な年齢別の交通流量や滞在状況を把握することで、よりの確かな歩行者回遊性の向上に向けた取り組みを展開することができる。

5. まとめ

(1) 本研究の成果

本研究においては、AP ログより収集したデータを活用して路線別時間帯別の歩行者交通量やエリアごとの滞

参考文献

1) 朝倉康夫、羽藤英二、大藤武彦、田名部淳：PHS による位置情報を用いた交通行動調査手法、土木学会論文集、No.653/IV-48,pp.95-104,2000.

The walker action analysis that utilized Wi-Fi data in Kobe-city

TakashiOKAHIRA・YoshiteruKAWANA

In Kobe-city, I aim at "the formation of the person and public transport-centered traffic environment" based on "future figure" (future vision) of the downtown area of Kobe and "re-maintenance basics design" (September, 2015 development) in the around Sannomiya district.

Therefore and the whole current downtown area grasps the action characteristic of the walker in the traffic node in particular and analyzes a walker network and the excursion route of the walker who utilized connection information log (the following, Wi-Fi) to the communications equipment of the Internet connection service (the following, Wi-Fi) by the public wireless LAN for the purpose of the effect inspection of various measures other than the maintenance plan of the traffic node.

In this study, I predicted a movement course from the date and time of the Wi-Fi data of approximately five months and the positional information of the Wi-Fi access point and grasped the changes such as temperature changes other than a holiday on walker traffic according to the time according to the route and the number of people according to the means of transportation between the station, the stay situation every area, weekdays and was able to consider that the analysis that was difficult in the conventional investigation was possible. On the other hand, the attribute information became the future problem without grasping it from the viewpoint of personal information protection..