

I-10 GPS 及び GIS を用いた一般廃棄物収集作業情報の取得方法

The acquisition method of the moving vehicle information in public garbage collection work using handy GPS and GIS

三谷哲雄¹ 山中英生² 富藤孝雄³
Tetsuo Mitani Hideo Yamanaka Takao Tomifuji

【抄録】 近年の大量消費社会の定着により、ゴミ量の増大、ゴミ質の多様化といった様々な問題が引き起こされている。このため、発生の抑制や再利用の推進等のゴミ減量化対策が大きな課題となっている。また、ゴミ収集作業増大に伴う経費膨張を抑えるための収集作業の効率化も多くの自治体においては重大な課題である。しかし中小の自治体においては、情報収集の不足、収集計画業務の人材や時間の不足などにより、こうした収集作業の効率化算定は十分に進んでいないのが現状と言える。

そこで本研究では、これを支援する目的で安価な小型GPS装置を用いて作成した車両移動計測装置により得られた情報から、詳細な収集作業情報を簡便に取得する方法を考案した。この方法を鳴門市の一般廃棄物収集業務に適用し、その精度を検証するとともに、得られた情報による収集作業実態の分析例を示した。

【Abstract】 Various problems, such as increase of the amount of garbage and diversification of the quality of garbage, are caused by fixing of mass consumption society in recent years. For this reason, the measure of a reducing-garbage, such as control of generating and promotion of reuse, has been a big subject. Moreover, in order to suppress the cost expansion-accompanying increase of garbage collection work, the increase in efficiency of collection work is a serious subject in many local government. However, in a minor local government, the present condition is that the estimation for increasing efficiency of collection work is not fully progressing owing to shortage of information gathering, the talented people of collection plan business, shortage of time, etc.

Then, in this paper, the easy method of acquiring the detailed garbage collection work information from the moving vehicle information acquired by the measurement equipment using cheap handy GPS was devised for supporting it. This method was applied to garbage collection work of Naruto-shi, the accuracy was verified, and the example of analysis of the collection work actual condition using the acquired information was shown.

【キーワード】 一般廃棄物収集, 収集車両情報, 簡便な取得方法, GPS, GIS

【Keywords】 public garbage collection, collecting vehicle information, easy acquisition method, GPS, GIS

1. はじめに

大量消費社会の定着は、ゴミ量の増大とゴミ質の多様化をもたらし、ゴミの収集形態や適正処理にあわせて、発生の抑制・再利用の推進等のゴミ減量化対策が大きな課題となっている。特に一般廃棄物の処理費用の半分以上が収集業務にかかる経費といわれており、収集作業の効率化は重要である。また都市の物質循環を担う過程として、分別収集や資源再利用の促進が焦眉の課題であるが、これにも収集回数の増加が必要であり、効率的な収集配車計画案の算定が望まれている。

さらにゴミ収集作業は、ゴミの発生量や道路状況によって変動し、その効率化を検討するには正

確な作業実態の把握、その管理・分析、これらに基づく計画策定及び査定が重要となる。一方、それらを支援するための情報システムの活用は全国的にも進んでいない。車両配車システムの効率化設計のために情報通信技術や情報収集システムを活用する研究は、物流、タクシーなどの運輸、販売管理などの分野で進んでいるが、廃棄物収集については、十分な研究成果があるとは言えない。

そこで本研究では、一般廃棄物収集の効率化算定を支援するために、詳細な収集作業実態を簡便に効率よく把握する方法を考案した。具体的には、小型GPS受信機を用いた車両走行データ収集装置を作成した。これにより得られた走行情報をGIS上で処理、判別することで収集作業情報(収集作業時間や走行距離等)を取得する方法を考案した。本方法を鳴門市の実際の収集業務に適用しその精度を検証すると共に、得られた情報に基づく収集作業実態分析への活用例を示した。

1:流通科学大学情報学部経済情報学科

〒651-2188 神戸市西区学園西町3-1

e-mail: Tetsuo_Mitani@red.umds.ac.jp

2:徳島大学工学部建設工学科

3:今治簡易裁判所

2. 収集計画に関する既往研究と研究目的

ごみ収集計画に関する従来の研究としては、収集作業の要因分析¹⁾や作業時間予測手法²⁾の研究、車両の走行経路を最適化するルーティング問題の解法³⁾⁴⁾、処理施設数と位置を決定するロケーション問題の解法⁵⁾⁶⁾、中継施設の導入による収集効率化計画などへの取り組みが見られる。

ごみ収集計画は、日常の収集業務の効率化を既定の施設・車両の範囲で検討する中・短期的対策、さらに処理場の最適配置などの長期的対策まで様々なレベルで検討が必要である。ルーティング問題や走向収集の改善等は、短期的改善に役立ち、ロケーション問題等は施設整備による長期的改善を目的としている。一方、市街地変化や排出量変動、それに伴う収集作業量の変化などに応じて、収集車両数や収集曜日等の見直しは、1年から3年毎に必要なことになる。

しかし、中小の自治体では、情報収集の不足、収集計画業務の人材や時間の不足、労働慣行上の問題などが相まって、こうした短・中期的な収集作業の効率化算定は十分に進んでいないのが現状と言える。これを効率的に進めるためには、詳細で正確な収集作業情報の収集と作業実態の把握、それに基づく収集計画全体を支援するシステムが必要と考えられる。このうち本研究では、詳細な収集作業情報の簡便な取得方法について検討した。

3. 車両走行データによる収集作業情報の取得

正確な収集作業実態を把握するためには、1車両ごとの1回分の収集エリアや衛生センターからそのエリアまでの走行時間、収集作業時間などの詳細な情報が必要である。これらの情報を、簡便で出来るだけ正確に、効率的に収集するために、小型のGPS（衛星を利用した測位（位置測定）システム）受信機から得られる時刻ごとの座標（緯度経度）を取得し、それを元に計測する方法を考案した。

3-1 小型 GPS 受信機を用いた車両移動計測装置

(1) 装置の概要

1) 構成

装置は、小型 GPS 受信機、データロガー、電源装置の3つで構成されている（図-1）。GPS 受信機で測位した座標および時刻のデータを、データロガーが一定間隔で記録することで、車両の走行軌跡（時刻ごとの座標、以下 GPS データ）を自動記録する。

これらを 15*20*5(cm)程度のケースに入れることが可能で、これを衛星の捕捉できる場所に設置するだけで計測が可能である。

2) 小型 GPS 受信機

本研究では、米 GARMIN 社製の eTrex を使用した（図-2）。この製品は、小型で持ち運びが可能なハンディタイプの GPS 受信機であり、低価格で初心者でも比較的使いやすい機能を有し、消費電力も小さいことが特徴である。eTrex 単体で単三アルカリ電池2本使用で最大 22 時間の連続使



図-1 車両移動計測装置の構成



図-2 小型 GPS 受信機

用が可能である。

民生用 GPS 受信機による座標位置の計測精度は、衛生の捕捉状況により変化するが、最良時で 2~3m、一般的には 10m 程度とされている。また、その計測間隔は最大で 1 秒である。

3) データロガー

GPS データを記録するためのデータロガーは、㈱SPA 社製の DL1 を使用した。DL1 に記録したデータは、パソコンに接続しダウンロードすることが可能である。本研究で使用した DL1 には、約 9 万点の座標および時刻を記録できるフラッシュメモリを搭載している。最小記録時間間隔は 2 秒であり、約 50 時間分の移動を記録できることになり、1 日の実働が 10 時間とすれば 5 日間連続記録可能である。DL1 単体で角型アルカリ電池で約 10 日 (240 時間) の連続使用が可能である。

4) 電源装置

単一アルカリ電池 2 本をセットできる eTrex 用の外部電源であり、約 90 時間までの連続使用が可能であることが実験により分かった。これにより、朝から 2 日後の夕刻までの 3 日間のデータを連続記録することが可能となる。

5) 装置性能

今回の装置のデータ収集性能は、時刻および位置情報取得間隔は 2 秒、連続使用時間は約 50 時間 (ただし実働 10 時間/日の場合 5 日間) となった。

(2) ゴミ収集車両への適用と検証

1) 調査方法

今回の調査では、鳴門市衛生センターでの車両運行実態 (常時 14 台、予備 4 台で計 18 台) を勘案して 15 個の装置を作成した。調査手順は以下の通りである。① 毎朝、すべての車両に GPS 装置を設置。② 通常の収集業務 (業務中の操作は一切不要)。③ 業務終了後に GPS 装置からパソコンへデータをダウンロード。

なお、今回の装置では最大約 2 日分のデータを連続して収集することが出来るが、データ欠損の有無を確認するため一日おきに調査を行った。このため、GPS データは車両ごとに 1 日分のデータとして取得した。

2) 設置方法

今回の車両では、衛星の捕捉状態と設置箇所の制約からダッシュボードの上に装着した。ダッシュボードからの落下を防ぐためフロントガラスに吸盤を取りつけこれに固定するようにした。また、車両の振動を軽減するために空気クッションをいれる工夫をした。

3) 装置の検証

収集車両に実際に設置してデータを収集した結果、今回の総設置回数は 264 回であった。その内、走行途中で GPS の電源が遮断された状態になっていたデータ欠損回数が 25 回あり、データ取得精度は約 88% であった。この原因としては、走行中の振動による GPS と電源装置との接続部、電池ホルダの接触不良などが考えられた。本研究で使用した eTrex は、もともとハンディ GPS なので、構造上、車両走行時の激しい振動に絶えうる構造ではないことが考えられる。この装置によるより確実な情報取得のためには、走行時の振動をやわらげる対策が必要と考えられる。

3-2 GPS データを用いた収集作業情報の取得方法

上記方法により得られた GPS データから収集作業情報 (収集エリア、収集作業時間・延長、収集エリアと衛生センターとの往復時間・延長) を取得する方法を考案した。具体的には、GPS データを車両走行軌跡として GIS に取り込んだ後、市域の詳細な電子住宅地図による道路周辺状況と車両速度との関係などからゴミ収集地点を判定し、収集作業情報を取得する。以下の方法を考案した。なお本研究では、GIS として㈱インフォマティクス社製の SIS を利用した。

(1) GPS データの GIS への取り込み

GPS データのサンプルを表-1 に示す。1 レコード分である時刻における車両の位置座標 (緯度経度) を示しており、今回のデータの時刻は 2 秒間隔となっている。このデータは、以下のソフトウェアにより処理し GIS へ取り込んだ。

調査日別の車両ごとの 1 日分の連続した GPS

データを、衛生センター敷地内の出入りを座標値から判断して、各出勤回数ごとに分割するソフトウェアを開発した。そのデータから、2 秒間隔の位置座標それぞれを連結させて、各日付、車両、回数ごとの車両走行軌跡をライン図形として GIS に取り込むソフトウェアを開発した。その表示例を図-3に示す。それぞれのライン図形には、表-2に示す属性値を GPS データから算定する(ただし、走行状態は収集エリア作成時に生成)。またこの情報より各区分ごとの通過時刻、平均速度を把握することもできる。

(2) 一車両一回分の収集エリアの作成

1) 収集ルート of 構成

一般に1回の収集ルートは、図-4に示すような走行状態に分けることができる。衛生センターを出発してから収集開始するまでの往路区間での走行、収集開始してから収集終了までの収集区間での走行、収集終了し衛生センターに戻るまでの復路区間での走行にわけることができる。

2) それぞれの走行状態の判別

この走行状態を分離するためには、収集開始地点および収集終了地点の位置の把握が必要である。作業区間内では収集地点で車両は低速度もしくは停止の状態となり、往復路区間では交通規制に従い一般車両と同様の走行速度となると考えられ

る。本研究では、この走行速度に着目して、以下のような判断基準によりこの2地点を検索する作業を図-5に示すような GIS 画面上で行った。

- ① 区分平均速度が約 5 km/h (歩行速度) 以下もしくは

表-1 取得した GPS データのサンプル

| | | | | | | |
|----|----|----------|-----------|------------|----------|---|
| TP | DM | 34.10152 | 134.34672 | 2001/10/24 | 08:43:54 | 1 |
| TP | DM | 34.10146 | 134.34668 | 2001/10/24 | 08:43:56 | 0 |
| TP | DM | 34.10138 | 134.34665 | 2001/10/24 | 08:43:58 | 0 |
| TP | DM | 34.10131 | 134.34662 | 2001/10/24 | 08:44:00 | 0 |
| TP | DM | 34.10126 | 134.34658 | 2001/10/24 | 08:44:02 | 0 |
| : | : | : | : | : | : | : |

| 地点種別の記号 | 座標表現形式の記号 | 緯度 | 経度 | 日付 | 時刻 | 地点種別のフラグ |
|---------|-----------|----|----|----|----|----------|
|---------|-----------|----|----|----|----|----------|

表-2 車両走行軌跡のライン図形ごとの属性値

| 名称 | 内容 |
|-------------------|---|
| ColDate | 日付 |
| ColWeek | 曜日 |
| CarNo | 車両番号 |
| ColTimes | 収集回 |
| ColStart_Sec | 出発時刻(秒)※1 |
| ColKind | 走行状態(0:出発地点/~2未満:往路/2:収集開始地点/4:収集終了地点/~6未満:復路/6:帰還地点) |
| TrackLegNo | 区分(※2)番号 |
| TrackLegStart_Sec | 始点通過時刻(秒)※1 |
| TrackLegTime_Sec | 通過時間(秒) |
| TrackLegVel | 区分平均速度(km/h) |

※1) 午前0時からの経過時間
 ※2) GPS計測データの2地点を連結したライン図形

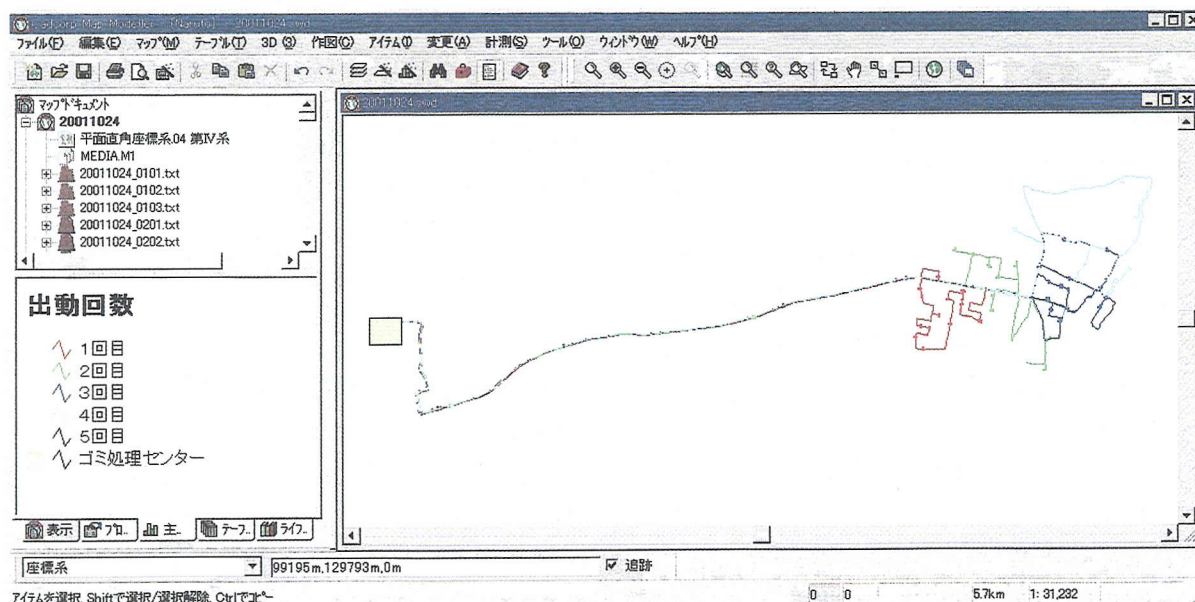


図-3 走行ルート表示例

は停止状態

収集ルートの出発地点から最初にこの状態になった区分位置を収集開始地点、収集ルートの帰還地点から逆にたどり最初にこの状態になった区分位置を収集終了地点とする。

ただし、

② 低速度継続時間によっては①から除外

対向車回避や右左折などによる低速度走行の場合を判断するためにその継続時間も考慮する

③ 交差点や信号の有無によっては①から除外

交差点や信号による低速度もしくは停止状態を、GIS上の住宅地図デジタルマップの情報から判断する。

④ 家屋との位置関係によっては①から除外

鳴門市の場合、個別収集（一部ステーション）であるため収集地点は家屋周辺に限られる。低速走行および停止状態にある区分周辺の家屋等の情報を、GIS上の住宅地図デジタルマップの情報から判断する。

とした。さらに、

⑤ 他収集ルートの参照

同一日同一車両の前の収集終了地点と次の収集開始地点は近隣にあり、前の収集区間が次の収集区間と重なることはない。また、別日の同一曜日、同一車両同一回目の収集開始、終了地点はほぼ同一と考えられる。このことも地点特定の参考にする。

上記判別結果は、各日付別車両別回数別の収集ルートの各ライン図形の ColKind 属性（表-2）

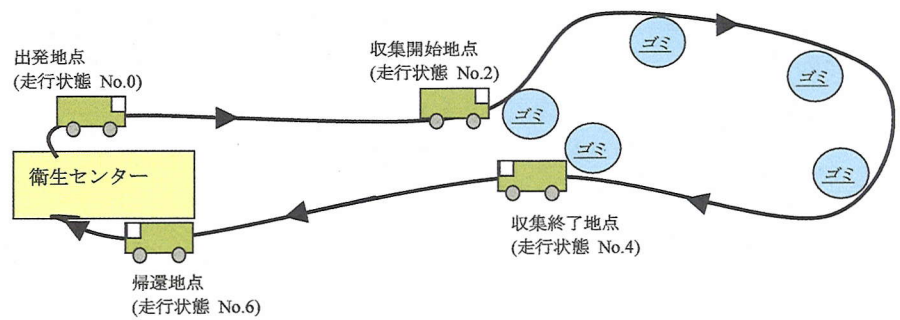


図-4 車両走行ルートの構成

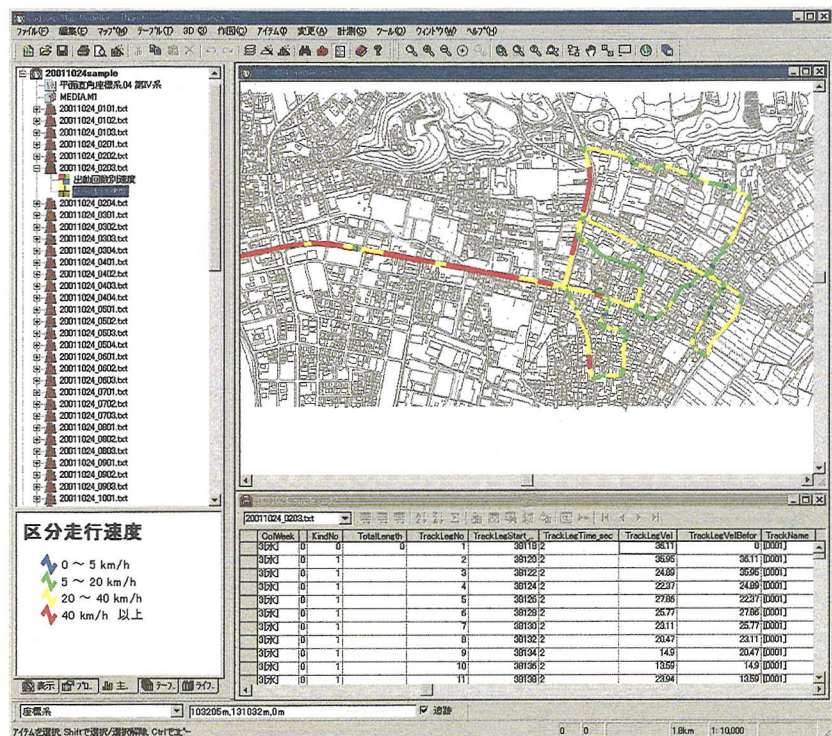


図-5 GIS上の走行軌跡と電子住宅地図

としてセットする。

3) 一車両一回分収集エリアの作成

各日付別車両別回数別の収集開始地点から収集終了地点までの範囲を1回分の収集ルートとする。収集ルートのライン図形は、GISのバッファ作成機能（図形から一定の距離を置いて取り囲むような面図形を生成する機能）でエリア図形に変換し、それを収集エリアとして定義する。なお、それぞれの収集エリアには、表-3に示すような属性値を設定した。その表示例を図-6に示す。

4) 走行状態の判定精度

上記GPS装置検証時のデータを元に生成した収集エリアについて、図-7によって各車両のド

ライバーに確認作業を依頼した。その結果、確認に用いた1週間分の収集エリア数は274、このうち誤判断が18であり、上記方法の判定精度は約93%であった。

(3) 収集作業時間・走行距離の算定方法

収集エリアへのアクセス時間やアクセス距離などは以下の式で算定できる。

$$\begin{aligned} Ta &= Col2_Sec - Col0_Sec \\ Tc &= Col4_Sec - Col2_Sec \\ Te &= Col6_Sec - Col4_Sec \\ Tt &= Ta + Tc + Te \\ La &= Col2_Len - Col0_Len \\ Lc &= Col4_Len - Col2_Len \\ Le &= Col6_Len - Col4_Len \\ Lt &= La + Lc + Le \end{aligned}$$

ここで、

- Ta: アクセス時間 (秒)
- Tc: 収集作業時間 (秒)
- Te: イグレス時間 (秒)
- Tt: 総作業時間 (秒)
- La: アクセス距離 (m)
- Lc: 収集作業走行距離 (m)
- Le: イグレス距離 (m)
- Lt: 総走行距離 (m)

また、町名および大字名は、GIS 上で電子住宅地図の情報から取得できる。

(4) 1 車両 1 回分の収集エリアごとの収集作業情報データベース

それぞれの収集エリアの収集ゴミ量及び種別は、出勤回別の収集実績データ (例えば日報⁷⁾等) から整理した日付別車両別出勤回別のゴミ種別および収集量のデータベースにより判断できる。具体的には、それぞれの収集日、車両、出勤回を元にそのデータベースを参照することで、収集エリア情報として組込むことができる。

以上の結果、1 車両 1 回分の収集エリアごとの収集場所情報 (GIS データ)、車両情報 (アクセス時間、イグレス時間、そして収集作業時間など) ならびにゴミ情報 (収集ゴミ量、種別) の収集作業情報を有するデータベースを構築できる。

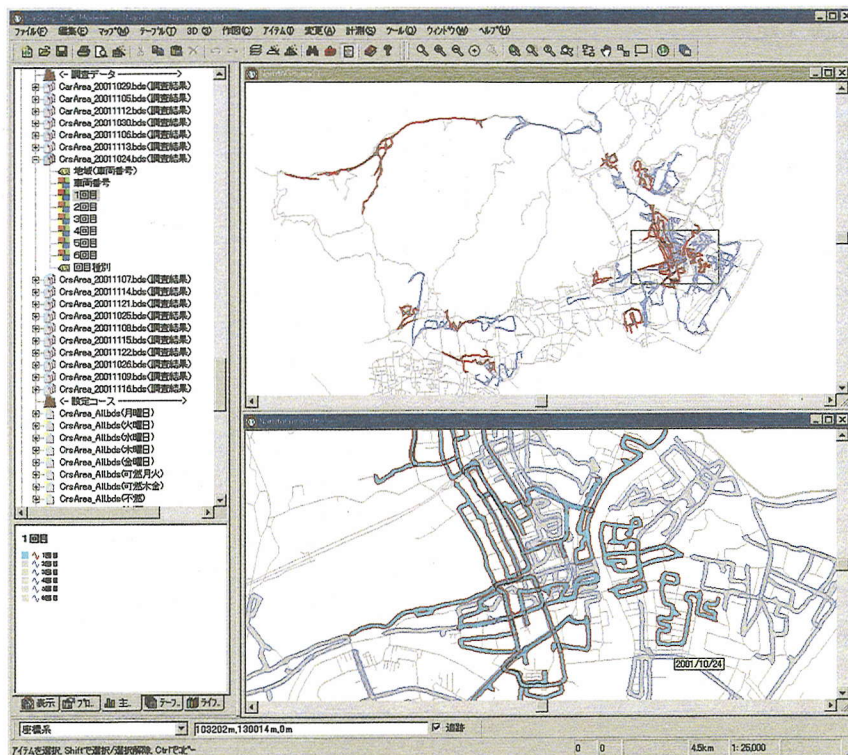


図-6 生成された収集エリアの表示例

表-3 収集エリアごとの属性値

| 名称 | 内容 |
|-----------|-----------------|
| ColDate | 日付 |
| ColWeek | 曜日 |
| CarNo | 車両番号 |
| ColTimes | 収集回 |
| Col0_Sec | 出発時刻(秒)※1 |
| Col0_Len | 出発地点位置(m)※2 |
| Col2_Sec | 収集開始地点通過時刻(秒)※1 |
| Col2_Len | 収集開始地点位置(m)※2 |
| Col4_Sec | 収集終了地点通過時刻(秒)※1 |
| Col4_Len | 収集終了地点位置(m)※2 |
| Col6_Sec | 帰還時刻(秒)※1 |
| Col6_Len | 帰還地点位置(m)※2 |
| CrsArea X | 収集エリア中心のX座標 |
| CrsArea Y | 収集エリア中心のY座標 |
| TownName | 収集エリア中心を含む町名 |
| LocalName | 収集エリア中心を含む大字名 |

※1) 午前0時からの経過時間
 ※2) 出発地点を0mとしたときの経路距離

4. 得られたデータベースの活用例

得られたデータベースを用いることで様々な収集作業情報の分析が可能となる。本章では昨年10月末から11月中旬にかけて(3週間分)鳴門市衛生センターにおいて実施した収集作業実態調査の結果に基づく幾つかの分析例を示す。

(1) 曜日別収集作業量

図-7に曜日別収集作業量(上から出勤回数、収集ゴミ量、作業時間、走行距離)の集計結果を示す。これは、各曜日の収集作業量の車両合計を算

定したものである。可燃については、木金で収集されるゴミ量が3日分の貯留量であるのに対して、月火は4日分となり約30%程度多くなっている。

(2) 車両別収集作業

図-8に月曜日における各車両ごとの収集作業時間の集計結果を示す。車両間で最大約2倍程度の開きがある。

(3) 単位ゴミ量当り収集作業量

鳴門市内の7地区ごとの単位ゴミ量当りの収集作業時間を算定した結果を図-9に示す。これは、それぞれの収集エリア代表点が含まれる地区名をGISの空間解析により算定し、その地区名ごとに集計したものである。

総収集作業時間において、鳴門市全体での単位ゴミ量当りの収集作業時間は、可燃が0.61時間/トン、不燃が1.45時間/トン、資源が7.63時間/トンであった。可燃、不燃に対して収集重量が小さいために資源の単位ゴミ量当りの収集作業時間が非常に大きい(鳴門市全体で約5倍)。

一方、可燃では中心部(0.48)に比べ周辺部(0.67)で約1.2倍、郊外部(0.86)で約1.4倍程度の差が見られる。不燃では、中心部(1.30)に対して周辺部(1.40)は鳴門町が若干差がみられるもののほぼ同程度で、郊外部(1.70)は約1.3倍程度である。資源では、中心部(4.47)に対して周辺部(7.41)および郊外部(7.45)が約1.7倍程度である。

(4) 走行状態別の車両速度

ここでは、往路、収集、復路それぞれの走行状態における車両速度について解析した結果を示す。図-10は、2001年10月24日の1号車1回目の時刻ごとの走行速度の変化を、往路、収集、復路ごとに色分けして示したものである。

車両のそれぞれの走行時間は、往路が約14分、収集が約40分間、復路が約13分であった。走行距離は、往路が約8.6km、収集が約5.3km、復路が約8.5kmであった。それぞれの平均速度は、約29km/h、約10km/h、約31km/hで、収集作業中の平均速度は往復路に比べ約1/3程度であった。これは、収集時は、通常走行時に比べ低速度走行および停止が頻繁に発生するためである。

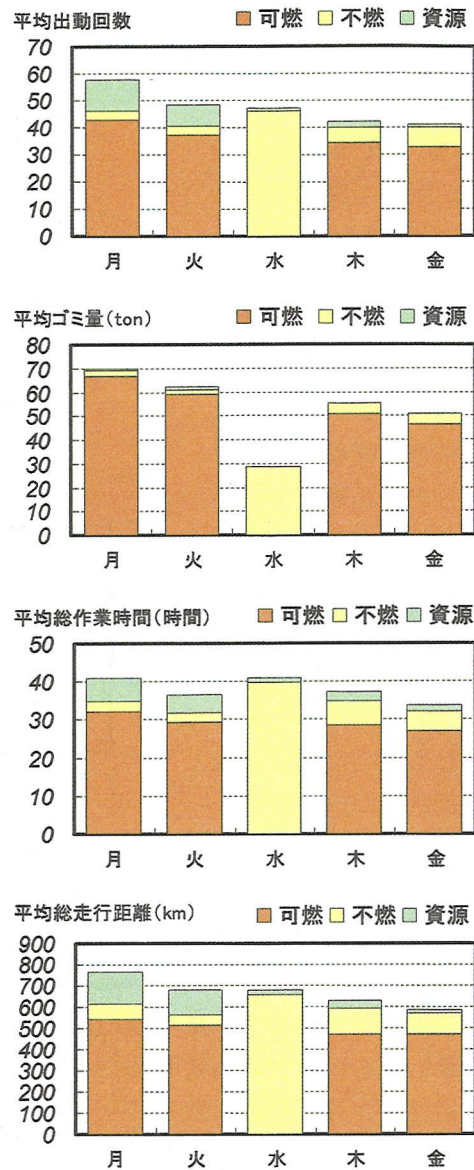


図-7 曜日別の収集作業量

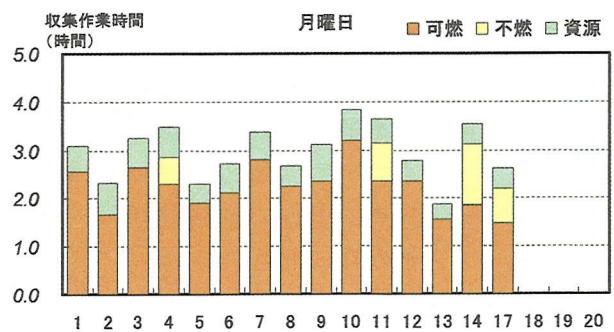


図-8 車両別の収集作業時間 (月曜日)

収集時の連続した停止もしくは低速走行状態が41回発生していた。このことから、距離で約130m、時間で58秒に一回の割合で収集作業していることが分かる。

5. おわりに

ハンディ GPS やデータロガー等市販の安価な装置の組合せで、簡便に廃棄物収集車両の走行状態を記録する装置を作成し、本装置により収集した GPS 情報に基づき GIS を援用して 1 車両 1 回分の収集コースごとの詳細な収集作業情報（収集ゴミ量や作業時間、走行距離など）を取得する方法を考案した。

装置の性能は、時刻および位置情報取得間隔は 2 秒、連続使用時間は約 50 時間（ただし実動 10 時間/日の場合 5 日間）であった。また本装置は、機能的には GPS データの記録装置であり、他の用途にも容易に応用できる。また市販品の組合せにより作成しているため拡張性が高く、電源部の大容量化、通信機能の搭載など改良が比較的容易である。実際の適用にあたっては、本装置によるデータ取得精度は約 88%，収集エリア判定精度は作業員による操作を一切無くした状態で約 93% 程度であった。

本方法により、日報等からでは取得困難な詳細情報を簡便に収集できる。得られた情報から収集コース、車両、曜日、地域など様々な分析単位ごとの収集実態を把握できる。また 1 車両 1 回収集コースごとの収集作業情報が取得できるため、車両数削減などによるコース再分配や交換、収集サービス（曜日等）変更によるコース担当車両の見直し等が容易で、その際に車両や作業員ごとの往復の移動時間や実作業時間、総作業時間、走行コストなどを考慮した配車設計が可能となる。さらに本システムでは、GIS 上で各種情報を構築・管理しているため、地図上でのコース位置や作業実態（作業時間や収集曜日など）の確認、収集コースの重なり判断、配車計画の視覚化（作業員などへの指示）、など廃棄物収集計画全体を支援する

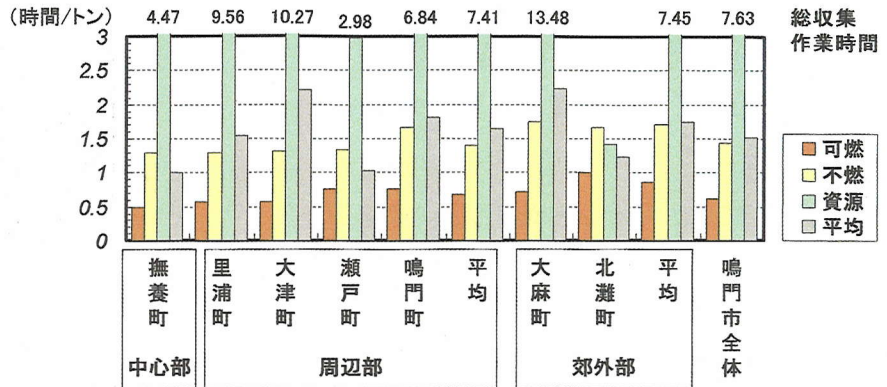


図-9 地区別ゴミ種別別の単位ゴミ量当り収集作業量

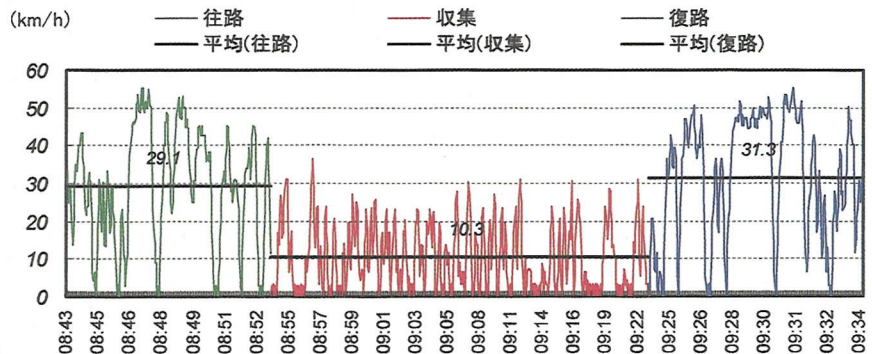


図-10 走行速度分布 (2001.10.24-1号車1回目)

上で有効であると考えられる。

謝辞

本研究は、鳴門市衛生センターによる委託研究「GPS による一般廃棄物収集作業の情報収集システムの開発」および「GIS を用いた一般廃棄物収集の効率化配車計画の策定」の一部を取りまとめたものです。研究遂行にあたってはセンター沖津眞一氏をはじめとする職員やドライバーの方々には資料提供ならびに情報収集にご協力いただきました。ここに記して感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 松藤敏彦, 神山桂一, 田中信寿: 都市ごみステーション収集の追跡調査について (都市清掃 Vol.38No147pp394-402, 1985)
- 2) 松藤敏彦, 神山桂一, 田中信寿: 都市ごみステーション収集のモデル作成に関する研究 (土木学会論文集 No.377pp61-69, 1987)
- 3) 東工大阿部研究室: ごみ収集輸送 (流通設計 pp34-40, 1971)
- 4) 小泉明, 川口士朗, 堤暢彦: ごみ収集車の走行経路の選択に関する研究 (土木学会年次講演会 II No.42pp1010-1011, 1987)
- 5) 川口士朗: ごみ収集におけるロケーション問題 (都市清掃 Vol.38pp502-509, 1985)
- 6) 小泉明, 川口士朗, 堤暢彦: 都市ごみの収集輸送計画に関する研究—ロケーション問題の解法— (都市清掃 Vol.40pp250-257, 1987)
- 7) 鳴門市衛生センター: 日報 (平成 13 年度 10 月, 11 月)