

2016年熊本地震における

道路ネットワークの渋滞状況の観測と定量的評価

鹿山 貴紘 加藤 遼

轟 詩芸 朴木 俊也

担当教員: 庄司 学

1. 背景

2016年4月14日, 16日に発生した熊本地震では, 震源となった熊本県益城町, 隣接する熊本市を中心に甚大な被害をもたらした.

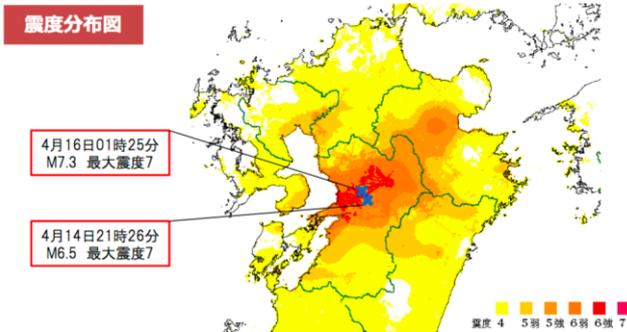


図1 2016年4月14日の震源と
4月16日の震源, 震度分布図[1]

今回の地震の特徴として, 本震に匹敵する前震の発生, 震度7の地震が2回発生するなどという, 観測史上類を見ない現象が発生した地震である. そのため, 地震現象そのものの解明, 被害状況の調査など様々な分析が発生以来活発に行なわれている.

今回の地震において問題になったのは, 交通機関に対する被害であった. 九州自動車道が4月14日より通行止めとなり, 熊本県内外の自動車による移動が著しく制限され, 被災地域を中心とした避難行動において, 車の移動が多く行われたことも相まって深刻な渋滞が発生し, その様子が様々なメディアで繰り返し報道された[2][3]. これは, 電車での移動が大きなウェイトを占める首都圏と違い, 日常的に自動車を使う人が多い地域であれば日本中どこでも考えられる問題であり, 対策が求められている.

災害時における交通の変化に関しては, 阪神淡路大震災[4], 東日本大震災[5]など, ことあるごとに行われている. しかし, 熊本地震では, 前述したように, 震度7の地震が2回発生する, 最初の大きな地震が本震ではなく, それよりも規模の大きな地震が本震として発生するなど, それまでの地震との違いがあり, 着目して調査を行う意義があると考えられる.

また, 平時からの交通状況の調査としては, 国土交通省が昭和55年以降5年に一回行っていた道路交通センサス[6]が最も規模の大きいものとしてあったが, 平成23年度以降, GPS

端末が搭載された車両の普及により, 実際の車両の移動によって記録されるプローブデータを用いた交通量調査が主流になっている. プローブデータとは, 自動車一台一台に搭載されているGPSの機能を利用して収集される, 各時刻の位置情報, 移動距離, 加速度などのデータである. 熊本地震においても, それぞれの企業によって独自に収集されたプローブデータが, 地震によって通ることのできない道の判別につながることから, 災害時の情報提供サービスとして,

トヨタ: 通れた道マップ[7]

ホンダ: 道路通行実績情報 Yahoo!地図/Googleマップ[8]が利用された.

しかし, 本研究では, 交通量調査の新しい手法の提案として, Google Earth[9]を利用した, 衛星写真のデータベースとも言えるGoogle Earthを利用することで, それらのデータが交通量の調査に利用出来るかどうかの検証, またその問題点を知るというアプローチを取っている.

2. 目的

本研究の目的であるが, 他の地震とは違う特色をもった熊本地震における交通量, 渋滞の実態を分析することで, 他の災害時の交通状況との比較を行う. また, 今後の災害対策に対する提案も目的とする.

3. 方法

本研究ではGoogle Earthを利用し, 衛星写真を用いて, 熊本県熊本市, 益城町周辺の国道や県道といった主要道路上の車の台数を数えるという手法をとった.

震災前の交通データとして2013年4月15日を選び, 前震後を2016年4月15日, 本震後を2016年4月17日とし, この3日間をそれぞれ調査した. これら3日間の交通量を比較することによって, 地震前と前震後, 本震後によって, 実際の交通量がどれくらい変化したのかがわかる. なお, Google Earthの衛星写真における建物の影より, 3日間すべての衛星写真は正午から午後3時まで撮影されたものと推測される.

震災前の熊本市周辺の通常の交通データとして2013年4月15日を選んだ理由として, この日が前震後の日付と全く同じ, かつ同様に平日であるため, 季節や祝日などの違いによる交通量の変化を考慮に入れる必要がないためである.

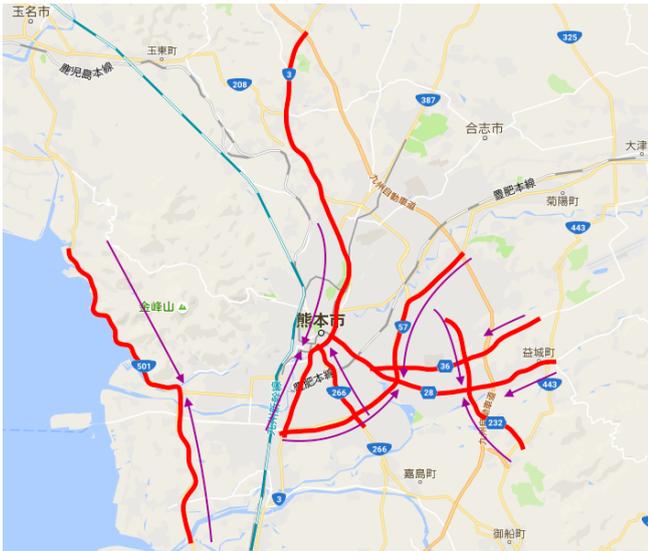


図2, 熊本市周辺の主要道路 Map data©2015 Google

本研究では図2の中の赤線で引かれた道路の車の台数を、熊本市内に向かう方向と、熊本市から離れる方向の2方向の車両数を調べた。調べた道路はそれぞれ国道3号、国道57号、国道266号、国道501号、県道28号、県道36号、県道232号の7道路である。道路は200mごとに区切り、すべての区間中の車の台数を算出した。同様に、震災前、前震後、本震後の交通の変化についてクラスタリング解析を行い、定量的に評価した。なお、図2にある紫色の矢印は、市内に向かう方角を意味している。市外に向かう方向は、図の矢印を反転した方向である。

4. 結果・考察

4-1. 渋滞度の変化

2013年4月15日の震災前、2016年4月15日の前震後、2016年4月17日の本震後の交通量を調べた。調べた道路については3.方法に述べた通りである。

本研究における交通量の計算方法を以下に述べる。警視庁によると、道路上における車両の交通速度が時速20km以下になった状態が渋滞であると定義している[10]。本研究では、交通量を、渋滞状態の時速20km未満、時速30未満、時速40km未満、時速50km未満、時速50km以上の5段階に分けた。車両の全長を5mとし、それぞれの時速における停止距離を足した長さを、道路を占める車1台分の長さであると定義した。なお、停止距離とは、ドライバーがブレーキをかけようと思った瞬間から、車が完全に停止するまでに走り抜けた距離である。

停止距離の算出方法を以下に述べる。まず速度を v_0 (m/s)、摩擦係数を μ 、反応時間を t_a (s)、重力加速度を g (m/s²) とする。

$$(\text{停止距離}) = v_0 \cdot t_a + v_0^2 / (2\mu g)$$

ここでいう反応時間とは、ドライバーがブレーキをかけようと思った瞬間から、実際にブレーキをかけ始めるまでの時間である。本研究では、摩擦係数を0.7、反応時間を0.75秒に統

一した。この通り計算すると、1車線の200m区間における時速20kmの時の交通量が6.78台、同様に時速30kmの時が8.95台、時速40kmの時12.26台、時速50kmの時17.51台と算出される。

本研究では、熊本市内に向かう方面と、熊本市内から遠ざかる方面のふたつの交通量を調べた。なお、台数の色分けの表については、「以上-未満」である。また、表で言う「台数」は、1車線における車の交通量である。

まず、2013年4月15日の震災前の交通量について図3、図4に示す。

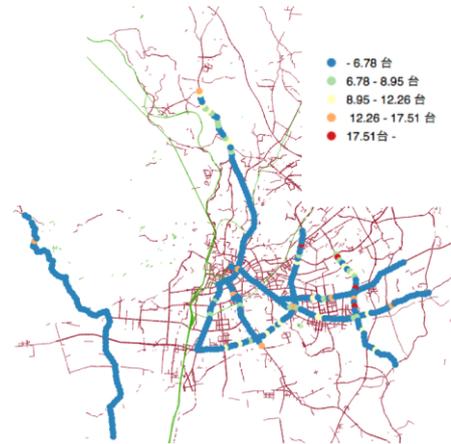


図3, 2013年4月15日の市外方向の交通量

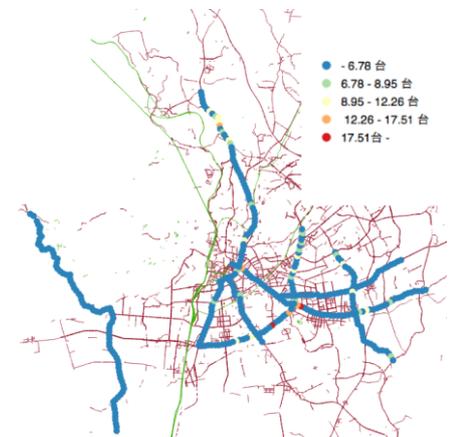


図4, 2013年4月15日の市内方向の交通量

2013年4月15日のGoogle Earthの航空写真では、国道3号上端付近に雲がかかっており、道路上の車両を確認できなかったため、このデータは計測できなかった。

この日の交通量を見てみると、市内・市外方向ともにあまり混んでいないように見える。交差点に差し掛かる場所に車が密集しているのが見られる。

次に、2016年4月15日の前震後の交通量について図5、図6に示す。

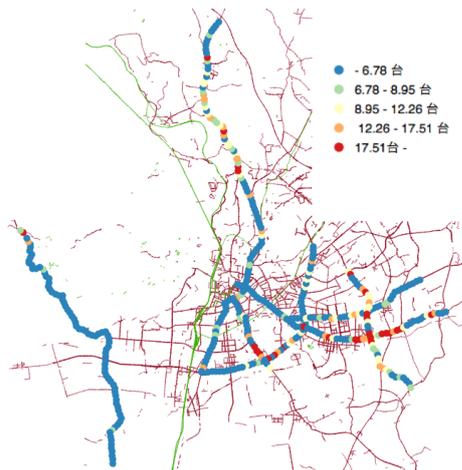


図5, 2016年4月15日の市外方向の交通量

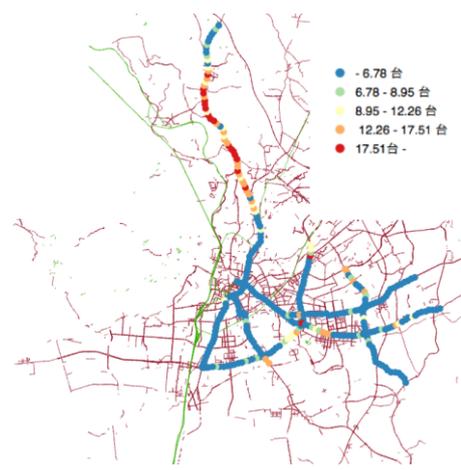


図7, 2016年4月17日の市外方向の交通量

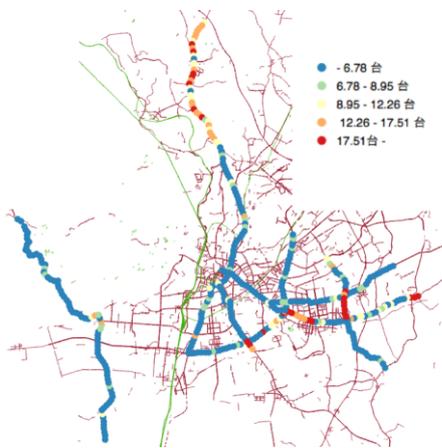


図6, 2016年4月15日の市内方向の交通量

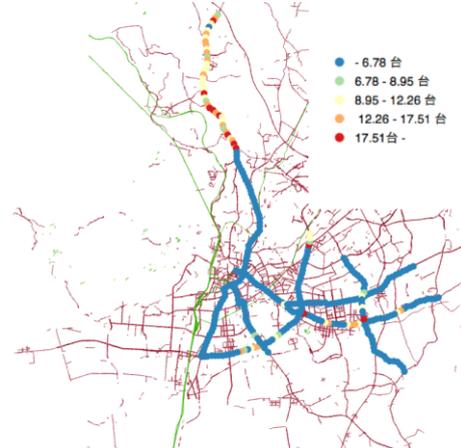


図8, 2016年4月17日の市内方向の交通量

2016年4月15日の交通量を見てみると、国道3号北部と、益城町周辺に交通渋滞が見られる。国道3号の北端部は九州自動車道の植木ICと交差している。この日の正午に植木ICの通行止めが解除され、ここから南への通行止めは解除されなかったが、九州自動車道を使って北方面へ行けるようになった[10]。同様に、植木ICを通して、北方面から熊本市方向へ行けるようになった。

このため、熊本市周辺から北方面に向かおうとする車が植木ICに殺到し、同様に熊本市方面に向かおうとする車が殺到したものと考えられる。また、北方面に向かう主要な道路が九州自動車道の他に無いことも、ここの渋滞の原因と考えられる。

また、益城町周辺の道路も混んでいることがうかがえる。これは、地震による被害が、益城町周辺では特にひどかったため、市民以外で警察や消防、自衛隊の救助支援用の車両に加え、マスコミやボランティアの車両が集中したからであると考えられる。

最後に、2016年4月17日の本震後の交通量について図7、図8に示す。

2016年4月17日のGoogle Earthの航空写真では、国道501号全体に雲がかかっており、道路上の車両を確認できなかったため、ここのデータは計測できなかった。

この日の交通量を見てみると、国道3号以外の道路は、震災前とさほど変わらないように見える。この理由として、前震後、余震も続く中、県外に脱出した人は17日の時点ですでに移動を終えたからであると考えられる。また、前震後に、救助支援やマスコミなどの車両の進入による混乱があったため、これがニュースなどで取り上げられたことにより、個人のボランティアなど、熊本市方面に向かう車両が減少したからであると考えられる。

一方、国道3号の北部が、市内・市外方面ともに非常に渋滞していることがわかる。これは前震後と同様に、北方面に向かう・北方面から来るための主要な道路が九州自動車道の他に無いため、国道3号に車両が殺到したためであると考えられる[11]。

また、九州自動車道は、植木ICから南の方角は依然としてほぼ通行止めであったため[12]、植木ICを利用したいと思う人が大勢いたと考えられる。

4-2. k-means法を用いた台数データの分析

データの分析に用いたk-means法[13]とは、非階層的クラ

スタリングであり、k 個のクラスター中心となる点が与えられたとき、各個体をそれぞれ最も近い中心点のクラスターへと分配することによって、集合に含まれる個体を k 個のクラスターへと分割する手法である。

クラスタリングを行うに当たってデータの組み合わせとして、市内方向の 2013 年 4 月 15 日と 2016 年 4 月 15 日の台数データ、2016 年 4 月 15 日と 4 月 17 日の台数データ、そして市外方向の 2013 年 4 月 15 日と 2016 年 4 月 15 日の台数データ、2016 年 4 月 15 日と 4 月 17 日の台数データ計 4 パターンのデータの組み合わせそれぞれに対しクラスタリングを行った。

これらの組み合わせに対しクラスタリングを行うことで、震災前と前震後、前震後と本震後それぞれの組み合わせにおいて、交通量の変化が似た道路のクラスターが得られる。

4-3. 結果・考察

以下クラスター中心を各クラスターの代表点と考え、クラスター中心の値を各クラスターの代表値として考察を行う。また、考察としては特にクラスタリング結果の中で特徴の出たクラスターに関して触れる。

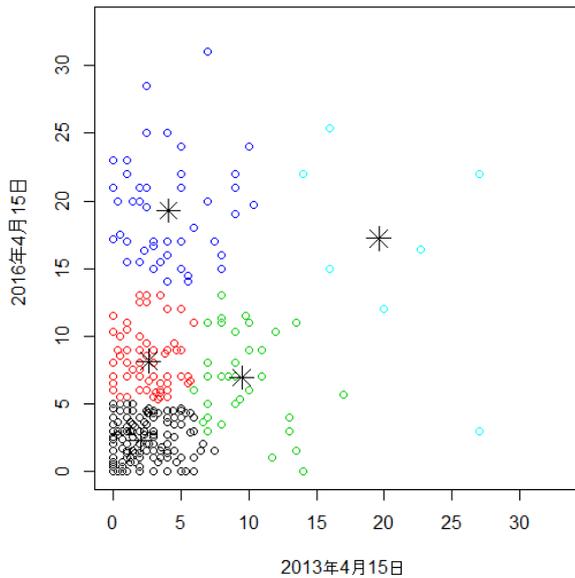


図 9, 市外方向 2013 年 4 月 15 日と 2016 年 4 月 15 日のクラスタリング結果

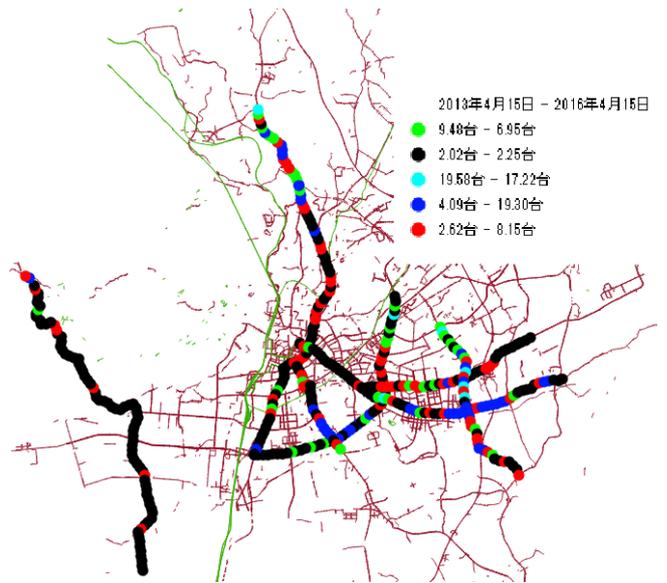


図 10, 図 9 の結果を GIS 上にプロットした図 (台数は図 9 のクラスタ中心の値)

図 9, 10 において青色で着色されたクラスターは、3 号北部、28 号益城町付近、国道 266 号と 57 号の交差付近に多く見受けられ、これらの道路では地震前には台数が少なかったものの前震後に台数が急激に増えていたことがわかる。3 号北部に関しては、高速などを利用して北へ行く台数が普段の交通量以上に集中していたことによるものと考えられ、残りの道路は、震源である益城町へ向かう、ないしは益城町内での移動に用いられる道路であることから、益城への道路の集中が普段よりも大幅に増加したことによる影響であると考えられる。

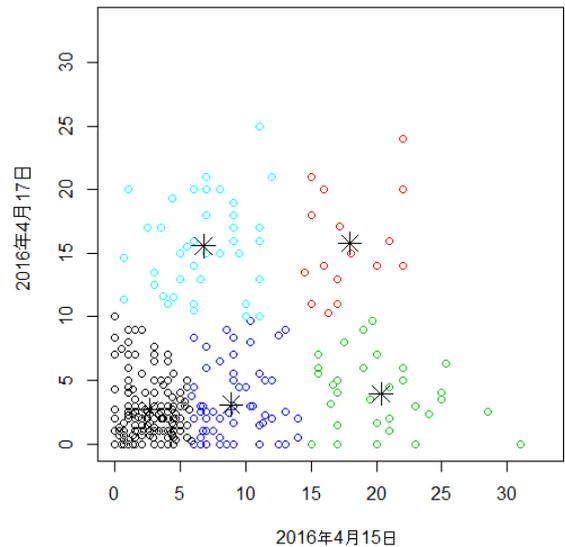


図 11, 市外方向 2016 年 4 月 15 日と 2016 年 4 月 17 日のクラスタリング結果

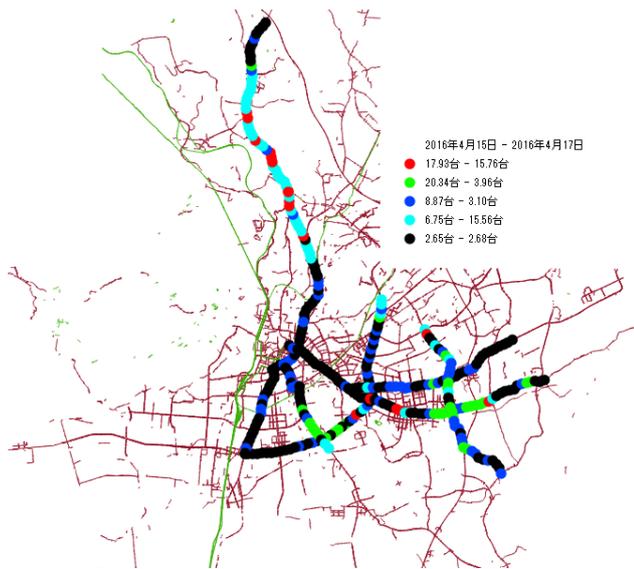


図 12, 図 11 の結果を GIS 上にプロットした図
(台数は図 11 のクラスター中心の値)

図 11, 12 において赤色で着色されたクラスターは、3 号北部に多く見受けられ、これらの道路は、前震後、本震後共に台数が多い道路が含まれ、本震後も引き続きこれらの道路へ北へ向かう車の集中が続いていたことがわかる。

また、水色で着色されたクラスターは、3 号北部、57 号北部、県道 266 号に多く見受けられ、前震後以上に本震後に熊本市外へ向かう車であろう車がこれらの道路へ殺到したのであろうと推測される。

そして、緑色で着色されたクラスターは、益城町周辺の県道 28 号と、国道 266 号と 57 号の交差付近に多く見受けられ、前震後には非常に台数が多かったが、本震後には台数が急激に減った道路が含まれ、これより、前震後と比べると本震後はこれらの道路への車の殺到は抑えられたということがわかる。

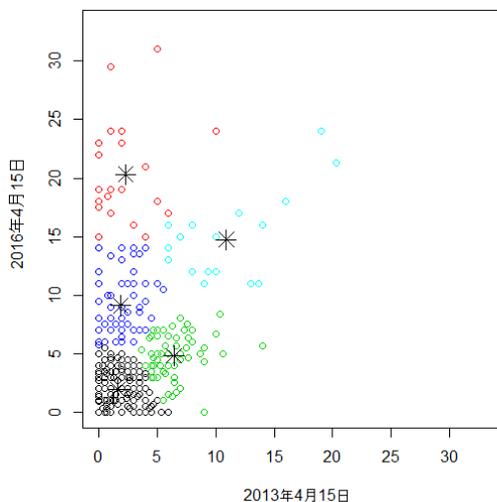


図 13, 市内方向 2013 年 4 月 15 日と 2016 年 4 月 15 日のクラスタリング結果

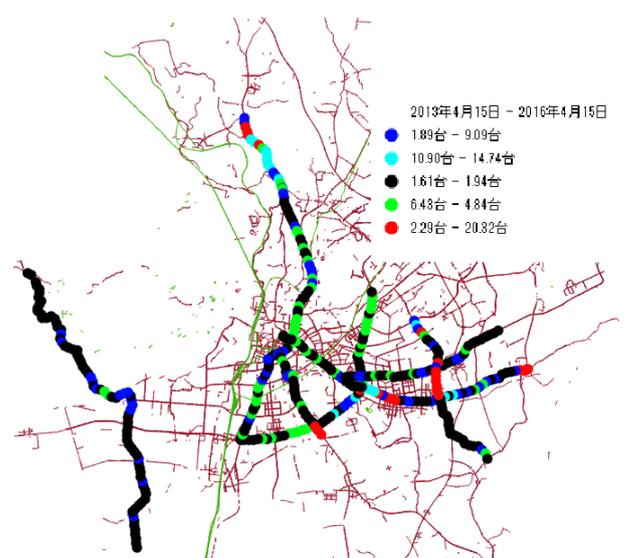


図 14, 図 13 の結果を GIS 上にプロットした図
(台数は図 13 のクラスター中心の値)

図 13, 14 において赤色で着色されたクラスターは、3 号北部、28 号益城町付近、国道 266 号と 57 号の交差付近に多く見受けられ、これらの道路では地震前には台数が少なかったものの前震後に台数が急激に増えていたことがわかる。この理由は、市外の時と同様の理由であると考えられる。

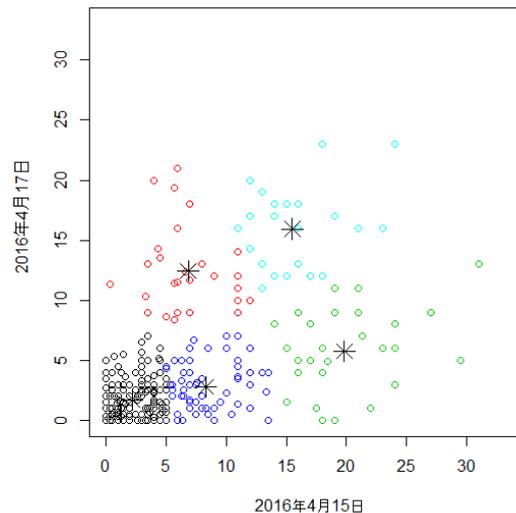


図 15, 市内方向 2016 年 4 月 15 日と 2016 年 4 月 17 日のクラスタリング結果

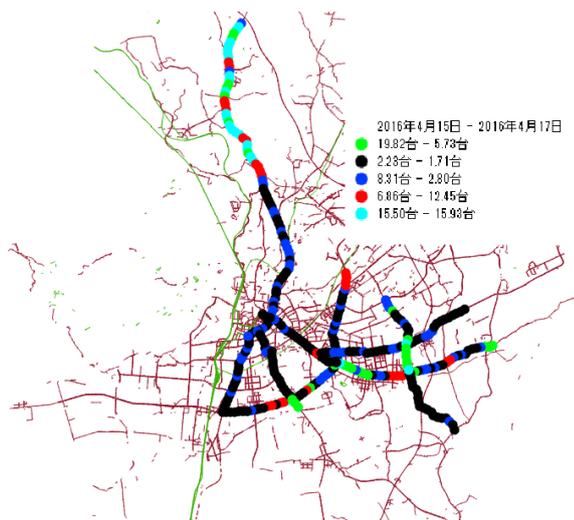


図 16, 図 15 の結果を GIS 上にプロットした図
(台数は図 15 のクラスター中心の値)

図 15, 16 において、緑色で着色されたクラスターは、益城町周辺の県道 28 号と、国道 266 号と 57 号の交差付近に多く見受けられ、前震後には非常に台数が多かったが、本震後には台数が急激に減った道路が含まれ、これより、前震後と比べると本震後はこれらの道路への車の殺到は抑えられたということがわかる。

5. まとめ

本研究では、交通量を Google Earth によって提供される衛星写真から、その写真に写る車の台数を数えることによって求めた。この方法は、オープンなデータから簡単に交通量を求めることができる、という点で新たな交通量の調査の提案になるのではないかと考えられる。

今後はこの調査方法をより広範囲に、より長期に行うことで、交通量の変化を詳しくつかむことができると考えている。しかも、衛星写真を利用しているので、道路のみならず、その周囲の環境の変化も含めた追跡が可能になり、交通量やその変化の理由の説明の一助となる点で、非常に有用である。さらに Google Earth はほぼ世界中をカバーしているので、この方法は、世界中の道路において可能であると考えられる。

逆に、この調査の課題であるが、まず、地球の衛星軌道上を回る人工衛星からの写真であるため、撮影の頻度が一定ではないこと、また数ヶ月に一度単位での画像更新となるため、それより少ない頻度、短い期間での変化は考慮できない。また、真っ暗になってしまう夜間は写真を撮れないため、見る画像、比較できる画像はおのずと昼間のみになってしまう。それらの点から、衛星画像による交通量調査ではできない範囲の調査があることがわかった。

次にその調査の結果から、今回の熊本地震による道路交通への影響を分析した。それにより、地震の後の自動車による移動の特徴をつかむことができた。まず、基本的に自動車が集合しやすいのは市街地を横切る幹線道路であり、その街の大動脈としての役割を果たしている道路であった。また、熊

本地震の際には、九州自動車道が被害を受け、通行止めになってしまったことも、熊本市街から九州自動車道へ向かう自動車は植木 IC を目指さなければならず、多くの自動車を殺到させてしまった原因であることがわかった。

6. 出典

[1]九州地方整備局, “「平成 28 年熊本地震」～復興に向けて～”,

http://www.qsr.mlit.go.jp/bousai_joho/tecforce/pdf/panel, 2016 年 10 月確認

[2]日本経済新聞 電子版, “熊本地震, 地震, 滞った救援物資車の渋滞対策が後手に”,

<http://www.nikkei.com/article/DGXXKZ099996590S6A420C1ML0000/>, 2016 年 10 月確認

[3]excite ニュース, “熊本周辺が大渋滞で救援物資の配送に影響! 個人の支援は「福岡市」へ”,

http://www.excite.co.jp/News/column_g/20160417/Sirabe_110463.html, 2016 年 10 月確認

[4]小谷通泰, 松本誠, “阪神・淡路大震災時におけるマイカー利用の実態”,

<http://www.iatss.or.jp/common/pdf/publication/iatss-review/23-3-04.pdf>, 2016 年 10 月確認

[5]小原 誠, 梅田 岳明, “被災時における交通行動の変化と駐車場の整備・活用方策に関する研究”,

http://www.tmpc.or.jp/03_business/03_pdf/h23_1g.pdf, 2016 年 10 月確認

[6]国土交通省, “平成 22 年度 全国道路・街路交通情勢調査 (道路交通センサス) 一般交通量調査 集計表”

<http://www.mlit.go.jp/road/census/h22-1/>

[7]トヨタ, “通れた道マップ”

https://www.toyota.co.jp/jpn/auto/passable_route/map/

[8]ホンダ, “道路通行実績情報”

<http://www.honda.co.jp/oshirase/20160415.html>

[9]Google Earth,

<https://www.google.co.jp/intl/ja/earth/>

[10]警視庁 平成 27 年中の都内の交通渋滞統計 (一般道路, 首都高速道路)

http://www.keishicho.metro.tokyo.jp/about_mpd/jokyo_tokei/tokei_jokyo/ippan.files/27tokei.pdf

[11]NEXCO 西日本, “4 月 14 日及び 16 日 九州地方地震による通行止め・災害状況等について (第 11 報)”,

<http://corp.w-nexco.co.jp/corporate/release/kyushu/h28/0418/>

[12]トラベル watch, “NEXCO 西日本, 大分道の通行止めを一部解除”,

<http://travel.watch.impress.co.jp/docs/news/753653.html>

[13] Hartigan, J.A. and Wong, M.A. A K-means Clustering Algorithm. Applied Statistics, 28, 100-108, 1979.