

⑪衛星通信技術等の道路交通への適用性に関する研究

(国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター 情報基盤研究室)

1 はじめに

21世紀を迎えて、少子高齢化、社会経済構造の変化、自然環境や生活などに対する国民の価値の多様化、高度情報化社会の進展など、国土整備、管理に関わる社会環境が大きく変化している。道路交通分野でも、社会環境の変化に伴い、サービスレベルが高く、より効率的で経済的にも低コストな最適な道路マネジメントが益々求められている。すなわち、道路を含む社会資本ストックの有効利用、道路交通の最適化、自然環境や沿道景観との調和、維持管理の効率化とコスト低減などの重要性が増してきている。

このため、道路及び道路施設や道路交通、沿道の状況などの情報を、迅速に正確に監視し、収集することが重要であり、リモートセンシング技術を道路分野に導入していくことが期待されている。

現在、高解像度衛星の商用化が始まり、車両の判別が可能な衛星写真が容易に入手できるようになり、道路交通へのリモートセンシング技術の適用の可能性が高まった。また、最近では、デジタルセンサ等の IT 技術や航空宇宙工学の発達により、数センチレベルの高精度な GIS を構築する手法が急速に開発されつつあり、これらの最先端技術を活用した新しい道路マネジメントが期待されている。

そこで、本研究では、日進月歩で進展する航空衛星通信技術の技術開発動向を踏まえて、道路交通への適用性を検討し、これらを利用したより高度な道路マネジメントシステムの提案するものである。

2 研究目的

高分解能衛星や成層圏プラットフォームなどの最先端の航空宇宙技術を活用して、高度な道路交通システムを構築することが可能となっている。本研究では、航空宇宙技術の道路事業分野への適用性に関して調査を実施し、利用可能性の高いと判断される分野について、衛星データ利用を前提とした業務モデルを構築するとともに、それぞれの業務の特性に応じた衛星データの要求仕様を整理することを目的として実施した。

3 研究方法

研究は、航空宇宙技術の動向等の基礎的調査を実施するとともに、道路分野における利用方法や衛星データに対する要求仕様、車両抽出のための画像処理技術、高精度 GIS 構築のためのリモートセンシング技術について調査を実施して、検討を加えた。

4 研究成果

4.1 詳細地表データ収集に資するリモートセンシングの動向

道路事業分野で必要とする情報は、道路区域及びその周辺の情報が中心であるために、これまでの地球観測衛星の空間分解能分野では極めて不十分である。しかし、高分解能衛星や成層圏プラットフォームなど、詳細な地表データを収集できる技術が実用化されつつあるため、道路事業分野での利用可能性が高まってきている。このため、これらのリモートセンシングの技術動向を調査した。なお、高分解能衛星については第2編で詳しく記述されているので、ここでの詳細は省略する。リモートセンシングの画像解像度は、センサそのものの性能と地表までの距離に関係する。また、衛星の軌道高度によって周回期が違ってくる。そこで、まず、高解像度衛星等の軌道高度の整理した。

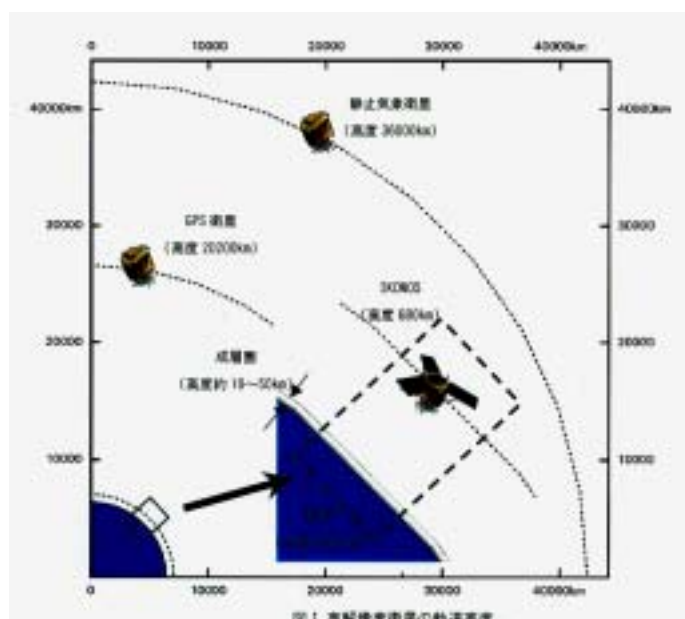


図-1 衛星等の軌道高度

図－１に、①静止気象衛星、②GPS衛星、③高解像度衛星の軌道高度を図化したものを示す。高解像度衛星(IKONOS)は、高度約680kmの高さを約90分で地球を周回する軌道上にある衛星であり、日本上空を約1.5日～2.9日で周回する。従って、定期的な観測は可能であるが、常時観測は不可能である。

周回性を有する衛星に比べ、成層圏プラットフォーム(以下成層圏PFという)は、高度約10km～50kmに及ぶ成層圏内に滞在するプラットフォームであり、今のところ飛行機タイプと飛行船タイプの2つのタイプが研究されている。

成層圏域であれば、対流圏のように気象の影響がないため、常時晴天であり、太陽エネルギーも使用可能となり、放送・通信や地球観測の基地として期待が高まっている。

成層圏PFとしては、PFのタイプとしては、①飛行船タイプ②飛行機タイプの2つがあり、①は定点に停留する方式②は飛行する方式である。(図－2)

①の飛行船タイプは、ヒンデンブルグ級の250mの巨大な容積が必要とされており、太陽パネルも外壁に貼りつける必要性があり、技術的には困難な課題が多いとされるが、ペイロードは数トンが予定されており、浮上滞空が成功すれば、様々な機材が積みこめるので、地球観測のみならず、情報の上空拠点として期待されている。

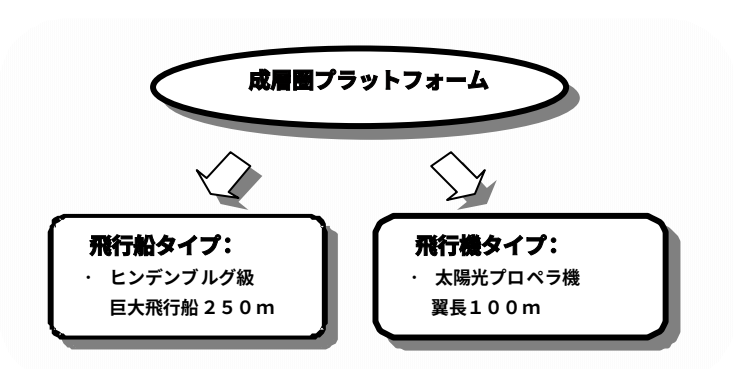
②の飛行機タイプについては、NASAのドライデン研究センターが、ハワイ沖において、既にソーラープレーンを飛ばし、成層圏の飛行に数週間滞在を成し遂げており、既に技術的課題を克服しつつあるが、ペイロードのキャパシティが飛行船タイプに比べ、約10の1程度なので、機材積み込みが限定されるという課題を抱えている。

いずれの方式においても、衛星の打上げコストが非常に高いこと、衛星では高度が高すぎて、解像度を上げるのが困難であること、衛星では電波の使用領域も限られていることなどを勘案すれば、成層圏域に拠点を構築することが可能となれば、情報通信や観測技術の革新となり得るので、道路事業分野における利用可能性は高いと判断される。

4.2 道路分野における衛星データの利用ニーズと適用可能性

4.2.1 既存文献調査

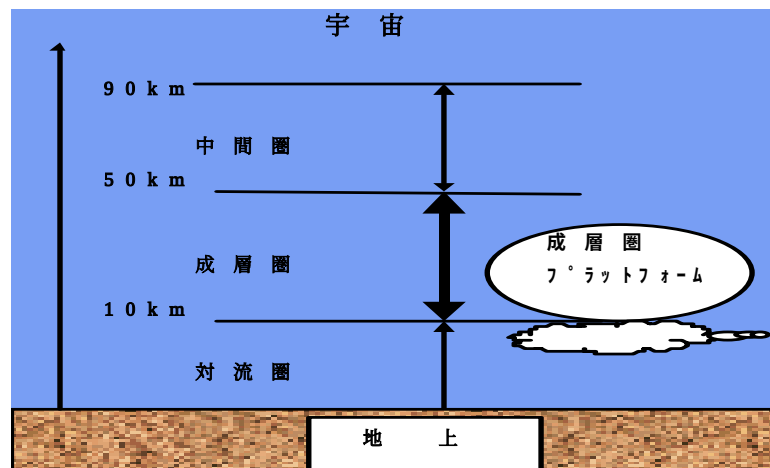
道路分野における衛星リモートセンシングデータの利用ニーズと適用方法を検討するために、既存文献調査を実施した。



図－2 成層圏PFのタイプ

表－1 高解像度衛星と成層圏PFの比較

地上からの距離	約700km	約20km
解像度	約1m	数センチ
DEMデータ	約1m	数センチ
車両の判別	台数、大型車・小型車の判別	車種別認識 個別車両認識
歩行者の認識	困難	十分可能
観測周期	約1～3日	常時滞空
雨天の場合の対応	合成開口レーダー	合成開口レーダー



図－3 宇宙空間までの空間の構成と成層圏PFの位置

道路分野におけるリモートセンシングの利用に関しては、土木学会土木情報システム委員会 衛星データの実利用に関する特別小委員会で、道路行政の各プロセスにおける衛星データの利用可能性について整理している。ここでの整理では、交通量調査における「交通密度」や「渋滞長」、駐車場や路側における「駐車車両」の計測、道路施設現況調査では、「沿道樹木の活性度」や山岳地の「大規模地すべり」、道路計画では対象地域の「土地利用」、「環境調査」などへの適用可能性が高いとしている。なお、この報告では、空間分解能を中心とする検討からの適用可能性評価である。

さらに、道路分野における既往の研究論文の調査を実施した。国内論文での道路分野に衛星データを適用した事例は少ないために、海外論文についても調査対象とし、1999年～2001年11月までに発表された文献から49文献を抽出した。これらの文献から道路における適用分野を整理すると、「道路検出」、「車両検出」、「ルート選定」、土地被覆や土地利用状況などの「土地被覆調査」の概ね4つに研究の傾向が絞られている。また、利用されているリモートセンシングは、航空機、成層圏PFなど、衛星以外のプラットフォームの研究も含まれている。

4.2.2 有識者からの調査

本研究では、道路分野における衛星リモートセンシングデータの利用ニーズと適用手法に関する検討を行った。調査は数名の有識者によるブレインストーミングの形で行い、その結果として表-2に示す衛星データの利用ニーズと適用方法を抽出した。

これより適用分野を集約すると、「車両抽出」、「地形情報」、「植生情報抽出」の3つの情報収集に分けられる。また、植生情報の抽出では、「2時期の差分算出」による異なる時期に取得された衛星データの比較や、重ね合わせによって地形や土地被覆の変化などを検出することもあげられた。

4.2.3 道路業務に関連して必要となる情報の調査

道路業務における業務段階を現状の業務プロセスから「計画・設計段階」、「施工段階」、「運用段階」に分け、各段階で必要な情報項目について調査した。既往の検討結果から抽出された情報項目を以下に示す。

表-3に示すように道路事業分野での情報収集し、道路網計画段階での土地利用、環境調査を除けば、道路区域あるいは沿道の情報収集に限られている。また、これらの情報収集手段として道路パトロールや地上系のセンサが用いられている。

表-2 有識者調査で抽出された道路分野における衛星データの利用ニーズと適用方法

利用ニーズ	適用方法
交通流状況の把握	車両抽出→交通状況モニタリング
災害による道路被害、復旧状況のモニタリング	事前事後の差画像作成→変化領域の抽出
道路環境影響調査	2時期の植生指標算出→変化抽出
道路地図の自動作成	既存地図と衛星データの重ね合わせ→変化抽出
交通事故監視	車両抽出→交通流速→2時期の流速変化抽出
道路施設利用状況モニタリング	車両抽出→車両数のカウント
道路計画・設計	地形データ作成
都市道路景観	地形データ作成
特車の走行状況モニタリング	特定車両の抽出・追尾
道路敷地内の不法投棄のモニタリング	車両抽出→長期不動車両の抽出
車両の自動運転制御	車両動態情報の抽出

表－３ 従来の道路業務に関連して必要となる情報の種類(概要)

a. 計画・設計段階
道路交通調査：交通量、渋滞状況、駐車状況、施設利用状況
環境調査：地形・地質、水質、騒音・震動、地盤沈下、動植物等への影響
道路網計画：土地被覆、土地利用
路線計画・施設計画：地表地質状況、沿道状況、気象状況、補償物件状況、景観
b. 施工段階
工程管理：出来高、工事状況
品質管理：出来形、品質
安全管理：斜面（法面）の安全性
環境管理：水質・動植物への影響
c. 運用段階
施設管理：道路構造、路面状況、道路付属施設、道路構造物、斜面（法面を含む）、沿道地物、危険箇所、道路の異常
沿道環境：植栽状況、大気、振動、騒音、沿道土地利用、景観
道路空間管理：占用状況、地下構造物
交通管理：道路利用状況(交通量、渋滞)、特車通行、気象、路面状況
災害管理：災害情報、事故情報、利用可能道路

4.2.4 道路分野における衛星データの利用方法

上記調査結果を参考にして、ここでは道路分野への衛星データの適用可能性について検討を行った(表－４)。表中の適用可能性の評価については、衛星の空間精度、情報取得への要求時間を考慮するとともに、道路分野は全業務プロセスにおいて既存の情報収集方法があるために、既存収集方法と比較したメリット、デメリットを考慮した。

道路分野においては、調査・計画・設計・施工・維持管理の各段階において、従来からの業務手法が確立しており、現在の情報収集手段を替えていこうという意識は実務担当者の中に多く見られない。しかしながら、限られた人的資源の中で長大な道路を維持管理していくために、現状の手法による情報収集が十分であるわけではない。衛星データを利用したコスト縮減や、現在の手法でカバーできない情報を得る方法として、将来は衛星データの利用可能性が増大していくものと考えられる。以下に、道路事業分野にいて期待される衛星データの利用方法を述べる。

□道路計画・設計段階での衛星データ利用について

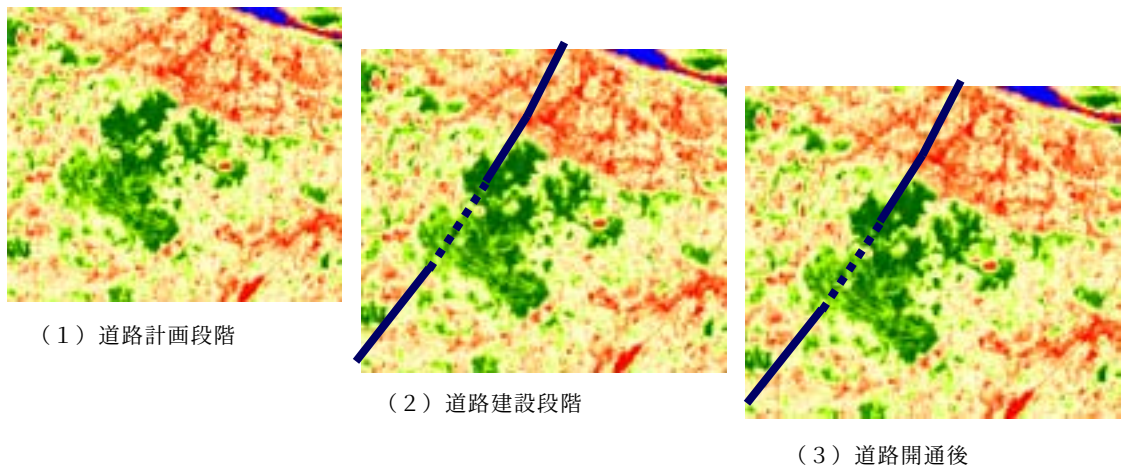
計画・設計段階における情報収集の目的は、地形等の現況把握、交通状況の把握などである。設計段階に入ると現在の衛星データが持つ空間的な精度の限界から概略設計程度レベルまでの範囲で、標高や土地利用情報の取得に衛星データの適用可能性がある程度であるが、計画段階の基礎資料として従来の手法で得られる紙ベースの情報に対して、衛星データから把握可能な**最新の土地被覆情報や環境情報等の把握に衛星データの適用が期待できる**。また道路交通センサス等の定点観測による交通状況の把握の代替手段として、**面的な交通状況を短時間で継続的に低コストで観測できる衛星データ利用に関しても、将来的な期待は大きい**。ただし走行車両の速度など、動的なものの観測に関しては衛星データへの期待は困難である。

□道路施工段階での衛星データ利用について

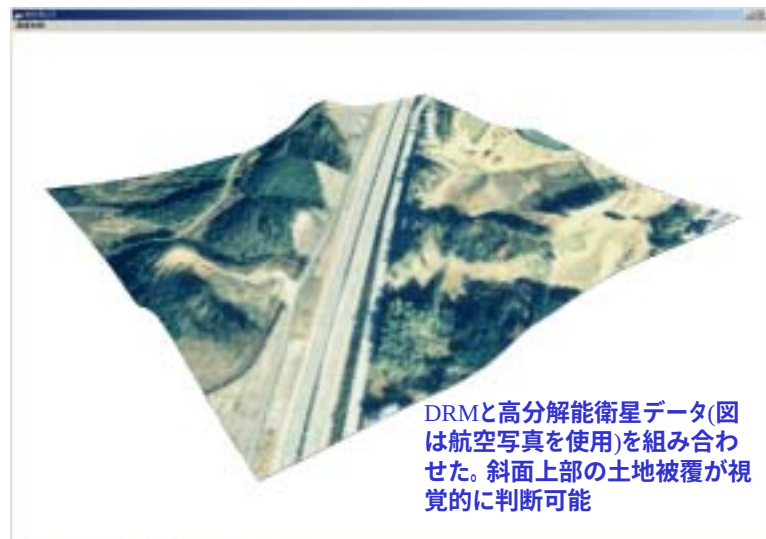
施工段階では、工事の進捗状況を把握するための衛星データ利用は、非常に高度な空間分解能が要求されるため、大規模造成等の出来形(高)管理を除くと適用できる分野は少ないと考えられる。しかしながら、工事に伴う地下水位の変化や沿道植生の変化など、**工事による周辺環境への影響を把握する場合などにおいては、比較的広域を繰り返し低コストで観測できる衛星データへの期待は大きい**。

□道路運用・管理段階での衛星データ利用について

運用・管理段階においては、管理する道路施設そのものの状況把握には、現在の衛星データの空間分解能は必ずしも十分ではないが、今後、高分解能衛星データの取得が容易になれば観測対象も広がってくると考えられる。また、**道路区間内の植生状況の把握(図－４)や、現在の道路パトロールで確認できない沿道斜面の上部の状況把握(図－５)などにおいては、衛星データを利用する新たな管理手法の実現に対する期待が大きい**。



図ー 4 道路計画段階からの植生活性度（NDVI）の継続的モニタリングのイメージ



図ー 5 道路管理のための斜面上部土地被覆状況のモニタリング

表－４ 道路事業分野における衛星データ適用可能性の整理

段階	分類	情報項目	情報の利用目的	現在の情報取得手段	情報利用における空間精度への要求	情報取得への時間的要求	光学センサで得られるデータの適用可能性	適用性の評価	合成開口レーダで得られるデータの適用可能性	適用性の評価	適用性に関するコメント
計画・設計段階	現道の状況	幅員構成	基本計画のための基礎資料	道路管理者が竣工図、道路台帳等により把握している。 現地調査による把握。	道路線形の把握には1m程度、その他に関しては、それ以下の精度が要求される。	道路新設や改良などの改変時には、その都度情報を更新する必要がある。	分解能が不十分であり、適用困難。	×	分解能が不十分であり、適用困難。	×	道路線形程度ならばリモートセンシングによる把握が可能であるが、道路管理者はそれに加え、幅員構成等の詳細情報も把握しているため、衛星データを利用する必要性は低い。
		道路線形	同上	同上			道路線形を把握することは可能であるが、衛星データ利用の必要性は少ない。	△	適用可能性はあるが、空間精度が不十分であり、適用のメリットは少ない。	△	
		沿道状況、構造物	同上	同上			分解能が不十分であり、適用困難。	×	分解能が不十分であり、適用困難。	×	
		災害履歴	同上	道路管理者が把握している。	災害規模によるが、少なくとも数mの精度が必要。	災害発生ごとに、情報を更新する必要がある。	過去の災害まで遡って把握することはできないが、今後のデータ蓄積に利用可能。	○	空間分解能は光学センサに劣るが、今度のデータ蓄積に利用可能。	△	衛星データだけでは、すべての災害履歴を把握できないので、既存の情報との併用が必要になる。
	交通量	道路利用状況（交通量、混雑度）	道路網計画、道路改良などの基礎資料	交通量に関しては、定期的に行う交通量調査や各種計測器によるデータ取得（定点観測が基本）。渋滞状況等については、巡回による把握。	車両を検出するためには、少なくとも1mの解像度が必要。	断面交通量の把握には、定点での継続的な交通状況の把握が必要である。	高分解能であれば、道路上の車両検出が可能である。定点を継続的に観測することはできないが、車両分布の面的な把握は可能。	○	分解能が不十分であり、衛星データ利用は困難。	×	これまでの定点観測による交通量を補間する情報としての道路上の利用車両数情報を活用する業務モデルが必要になる。車両の自動検出など処理手法の確立の必要がある。
		日・曜日・時間交通量変動等	同上	交通量観測を継続的に行うことにより、情報を取得している。			継続的な観測はできないため、時間変動などには適さない。	×	同上	×	
		渋滞状況	同上	巡回による把握。 車両検知器等の利用。			同上	×	同上	×	
	土地利用等	土地被覆状況	同上	国土地理院、各自治体の土地利用図。	1/500 ～ 1/50,000 まで、各段階において必要とされる精度が異なる。	土地被覆のように変化する情報を定期的にモニタリングすることは必要である。	土地被覆分類の事例はあり、適用可能性は高い。	◎	光学センサとの組合せにより利用可能。今後、多バンド、多偏波データの取得も期待される。	○	都市計画用途地域や法規制地域、公共施設の配置等については、別途手段により情報が常に把握されている。
		都市計画用途地域	同上	各自治体が作成する都市計画図を利用している。			計画により決まるものであり、上空からの観測を必要とする性格の情報ではない。	×	計画により決まるものであり、上空からの観測を必要とする性格の情報ではない。	×	
		公共施設、公共交通機関等	同上	公共施設に関しては、自治体等で最新の情報を常に把握している。 都市計画図等の利用。			常に情報を把握しているため、衛星データ利用の必要性はない。	×	分解能が不十分であり、衛星データ利用は困難。	×	
	地形・地質等	標高分布	基本ルート選定 道路線形決定	既存の地形図、航空測量、現地測量。	1/500 ～ 1/50,000 まで、各段階において必要とされる精度が異なる。	事業計画時において情報を把握する必要がある、定期的なモニタリングを必要としない。	ステレオ画像を用いた地形計測は可能であり、概略設計程度までならば適用できるが、既存手法に対する衛星データ利用のメリットは少ない。	△	合成開口レーダなどによる地形計測は技術的に可能であるが、地形測量に対する衛星データ利用のメリットは少ない。	△	地形・地質情報に関しては、衛星データの利用事例があるが、これらの情報は時間の経過とともに大きな変化があるものではなく、継続的観測手段であるリモートセンシング技術を利用するメリットは少ない。また、地下構造については衛星データの利用は困難である。
		山脈、溪谷、峠、河川、湖沼等	ルート検討	既存の地形図を利用。			同上	△	同上	△	
		表層地質	同上	既存の地質図を利用。 現地調査による把握。			地質分類の可能性はあるが、継続的なモニタリングを必要とするものではない。	△	合成開口レーダ得られる情報の利用は困難。	×	
		地質構造	同上	ボーリングおよび既存の地質図から推測する。			衛星データの利用は困難。	×	衛星データの利用は困難。	×	
		断層、断層の方向	ルート検討	既存の地質図を利用。			地形判読により断層検出の可能性はある。	△	リニアメント判読により、断層の把握が可能であるが、方向まで把握することは困難。	△	
		危険地形（地すべり・崩壊地形、軟弱地盤帯等）	同上	既存の地質図、地盤図等を利用。 空中写真判読による把握。			空中写真の代替として高分解能衛星の利用が可能。衛星データからの地すべり地検出の研究事例もある。	○	空間分解能は光学センサに劣るが、画像判読による危険地形把握の可能性はある。	○	
	気象	降雨量、降雪量	基本計画のための基礎資料	定期的点観測を行っている気象センサから継続的にデータを取得し、それらを集計して時間雨量、連続雨量などを算出。	――	定期的なモニタリングを必要とするものではない。	衛星データの利用は困難。	×	衛星データの利用は困難。	×	気象分野の衛星利用は進んでいるが、管理者が必要とする降雨予測等についてはレーダ等を用いた体制ができており、また観測計器も多く設置されている。
		気温、凍結、日照	同上	気象台、測候所等における常時観測。	――		同上	×	同上	×	
		風向	同上	同上	――		同上	×	同上	×	
		大規模雪崩地区、濃霧多発地区、路面凍結予想地区	同上	過去の気象データから判断できる。	10m 程度の精度が必要。		同上	×	同上	×	
	関連事業	インターチェンジ位置と取付道路との関係	ルート検討	道路管理者が管理平面図等により把握している。 現地調査による把握。	1m程度	事業計画時に情報を把握し、継続的な情報取得を必要としない。	高分解能であれば把握が可能である。	△	分解能が不十分であり、衛星データ利用は困難。	×	継続的なモニタリングを必要とする情報でないため、衛星データを利用する必要性はない。
		主要道路と鉄道との交差点位置	ルート検討	同上			同上	△	同上	×	

		連絡等施設の設置位置、形式	ルート検討	同上			同上	△	同上	×	
	環境影響	CO、NO _x 濃度、BOD、COD、SSの濃度、発生源	環境影響評価	濃度については環境省、各自治体が定期的に測定している。	必要とされる精度は事業規模による。	事業計画時に情報を把握。	大気については把握は困難。濁度やクロロフィル濃度等は把握の可能性はある。	△	衛星データの利用は困難。	×	衛星データ利用のメリットはないと考えられる。
		貴重動植物の分布、生息種	環境影響評価	環境省、各自治体等が把握している。現地調査による把握。			植生指標等を利用して植物を把握することは可能であるが、種まで分類することは困難。	△	同上	×	
		主要景観地、主要眺望地からの眺望	環境影響評価	現地調査による把握。			衛星データとDEMを重ね合わせることで、眺望を把握することができ、環境影響評価への利用可能性がある。	◎	DEMの作成におけるInSARの利用が可能であるが、分解能が十分とは言えない。	○	道路事業の景観に対する影響を事前に把握できる業務モデルとして、衛星データの利用可能性が考えられる。
施工段階	工事の状況	工事進捗状況(出来型)	工事の管理	現地にて目視により確認する。	数cm～10m程度。	定期的な把握が必要である。	大規模造成工事の進捗状況把握などでの利用が期待されるが、それ以外での適用には分解能の制限がある。	△	大規模造成工事の進捗状況把握などでの利用が期待されるが、それ以外での適用には分解能の制限がある。	△	大規模造成工事での適用が考えられる。
	沿道環境	沿道斜面の状況(崩壊、湧水等)	周辺環境への影響把握	現地にて目視により確認する。	同上	定期的かつ継続的なモニタリングを必要とする。	小規模な変化を観測する必要がある、適用は困難である。	×	小規模な変化を観測する必要がある、適用は困難である。	×	環境影響の予測だけでなく、事業実施中の影響を継続的にモニタリングする必要がある、その手段として適用が期待される。
		沿道植生の状況(倒木、枯木)	同上	現地にて目視により確認する。			植生の変化に関する情報の取得は可能と考えられる。	○	倒木等については把握可能と考えられるが、かなりの分解能が要求される。	△	
		地下水位変化	同上	必要に応じて現地に行き、地下水位計で計測する。			地下の状況把握は困難	×	地下の状況把握は困難	×	
		水質(濁り水等)	同上	現地で確認する。			水質汚濁の把握はある程度可能であるが、対象となる水域の規模が大きい場合を除くと、適用は困難である。	△	水質把握は困難。	×	
運用段階	道路施設	路面の汚れ、破損、落石、崩土	補修の必要性の把握	毎日行われる道路巡回において点検している。	数cm～1m以下の精度が必要。	定期的な観測を行い、必要に応じた対処が行われなければならない。	分解能が不十分であり、適用困難。	×	分解能が不十分であり、適用困難。	×	道路施設そのものの状況を把握しようとした場合には、分解能の関係で衛星データの利用は困難であると考えられる。ただし、道路上からの巡視ではカバーしきれないような法面等の状況把握には適用可能性がある。
		路側、路肩の破損状況	同上				同上	×	同上	×	
		排水施設の機能状況	清掃、補修の必要性の把握				同上	×	同上	×	
		法面の状況	補修の必要性の把握				法面のようにある程度の面積を持つ対象物の観測には適用性が考えられる。	◎	同上	×	
		交通安全施設の状況	同上				分解能が不十分であり、適用困難。	×	同上	×	
		橋梁、トンネルの状況	同上				同上	×	同上	×	
	植生の状況	道路内(中央帯、緑化施設等)の植生の状況	環境影響の把握	同上	少なくとも、1m以下の精度が必要。	同上	植生指標などを利用して事業の植生環境に対する影響を評価することが可能。	◎	光学センサとの組合せにより利用可能。今後、多バンド、多偏波データの取得も期待される。	○	継続的なモニタリングにより、植生環境に対する事業影響を時系列的に評価することが可能であり、新たな業務モデルとして衛星データの利用が期待できる。
		沿道の植生の状況	同上				同上	◎	同上	○	
		路肩、法面の雑草	除草の必要性の把握				植生分類を行った事例はあるが、毎日の道路巡回から雑草の有無は把握できるため、衛星データ利用のメリットは少ない。	△	合成開口レーダで得られるデータの利用は困難。	×	
	氷雪状況	路面の凍結、積雪状況	通行危険性の把握	冬期に実施される道路巡回(氷雪巡回)により把握している。	路面を把握するためには、少なくとも1m程度の精度が必要。	冬期において、1日数回は観測を行い、異常時には速やかな対応が必要となる。	積雪分布を把握することは可能であるが、凍結については把握できないため、道路巡回による状況把握の方が適当。	△	衛星データの利用は困難。	×	異常がある場合には、速やかな対応が必要であり、即時性の面で、衛星データの利用メリットは少ない。
		融雪施設の稼働状況	施設の機能状態の把握				分解能が不十分であり、適用困難。	×	分解能が不十分であり、適用困難。	×	
		除雪状況、除雪後の状況	通行危険性の把握				除雪済みか否かは把握できるが、更に降雪があった場合の判断かできないため、適用性は低い。	△	合成開口レーダで得られるデータの利用は困難。	×	
	道路占有	占有工事、請負工事の実施状況	工事の管理	道路巡回により把握。	工事の有無を捉えるには数m、状況まで捉えるには1m以下の精度が必要。	現在は、1日1回の道路巡視を実施している。	工事箇所の把握はできるが、状況の把握は困難。また、占有・請負工事は届出があるため、衛星で箇所を把握する必要性はない。	△	同上	×	衛星データを利用する必要性は低いと考えられる。
		不法占有、不法使用の有無	不法行為の有無の管理	同上			規模によっては占有箇所の検出は可能であるが、不法であるかの判断は衛星データからはできない。	△	同上	×	

※衛星データの適用性の評価基準について

評価	評価基準
◎	衛星データの利用による事象の把握が技術的に可能であり、かつ空間精度および時間的要求を満たしている。さらに、衛星データのメリット(広域性、周期性)を生かすことができる場合。
○	衛星データによる事象の把握が技術的に可能であり、メリットを生かすことができるが、空間精度やデータ取得頻度の向上が求められる場合。ただし、空間精度については最大 50 cm、取得頻度については最大 1 回/日まで向上す

	るものと想定する。 または、事象の規模によっては衛星利用が可能である場合。
△	衛星データの利用が技術的には可能であるが、既存の情報取得手段に対して衛星データ利用のメリットがない場合。
×	技術的に衛星データを利用した事象の把握が困難である場合。

4.3 道路分野からみた高分解能衛星の要求仕様

道路事業分野における衛星データへの要求は、特に即時性を要するものは少ないが、運用段階における定期的な情報取得とデータ蓄積によって継続的なモニタリングを行うことが重要である。これらの情報から客観的な事業評価を行うことができれば、道路事業の新たな業務の一つとして期待できると考えられる。

また、車両や道路施設の観測においては、高分解能衛星の利用が有効であるが、取得データの解析にあたっては、車両の自動検出など処理手法の確立が求められる。

表－5 衛星の要求仕様

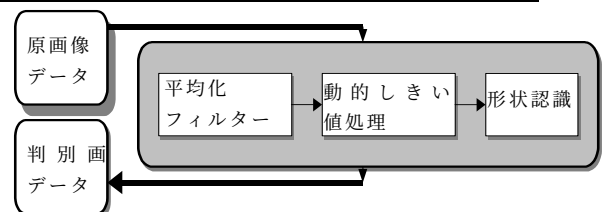
	データの取得頻度	取得データの内容	取得データの配信時間
従前情報の把握	少なくとも年1回	・光学センサ（分解能1m～3m程度）	データ取得後、数日内
道路運用状況の把握	週1回または月1回程度 毎年1回（同時期）	・光学センサ（観測対象により、 分解能は1m～10m程度）	通常はデータ取得から数 日内、異常時には1日以内

4.3.1 車両抽出のための画像処理技術

道路事業分野の衛星データ利用の特徴的なものとして、車両抽出があげられる。

車両抽出手法（衛星データから道路上の車両を判別する手法）について「衛星画像に平均化フィルターを適用した上で、動的しきい値処理、形状認識により車両を抽出する手法」と「教師つき分類処理を施した上で、面積・周長により車両を判別する方法」の比較検討を行い、これらの画像処理手法による結果に対し、目視による抽出結果との比較で正解率を求めた。

目視で判読可能なレベルであれば、画像処理のアルゴリズムさえ高度化すれば、理論的には100%の判読は可能であると考えられる。一方、輝度値による分類では「レーンマーク



図－6 画像処理ステップ



図－7 車両判別例（模擬）

を車両と誤判別するケース」や「車両上面の輝度が路面と近似して見落とすケース（暗い色の車、幌など）」などいくつかの誤判別が生じた。

また、車両の抽出には陰による影響が誤判別を生む可能性が考えられるが、逆に影を利用して車両を判別する手法も考えられる。（レーンマークは輝度値が高いが、影を伴わない。）

4.3.2 高精度 GIS 構築のためのリモートセンシング技術

道路交通においては、他の分野に比べて格段の精度が求められることから、デジタルセンサによる直接的な高精度 GIS の構築について検討した。本研究では、有力な候補であるラインセンサとエ

リアセンサについて中心的に調査を行い、それぞれの特徴を整理した。

まず、それぞれの特徴をグラフ化したものを図－8に示す。図に示したように、特徴について、幾つか纏めると、航空レーザスキャナ方式が最もリアルタイム性が高く、高さ精度も高いものが得られる。

ただし、レーザスキャナ方式は、点の集合体であるので、全体像を把握しにくいという欠点があるので、何らかの形式で全体情報を集めることが望ましい。

ラインセンサ及びエリアセンサは、CCD カメラを用いてデジタル画像を撮影しているので、完全なデジタルワークフローによってデジタルマップを作成することができる。また、マルチスペクトル画像取得が可能であり、DM 作成だけでなく環境調査などにも活用ができる。

ラインセンサとエリアセンサの比較を模式的に示したものが図－9である。

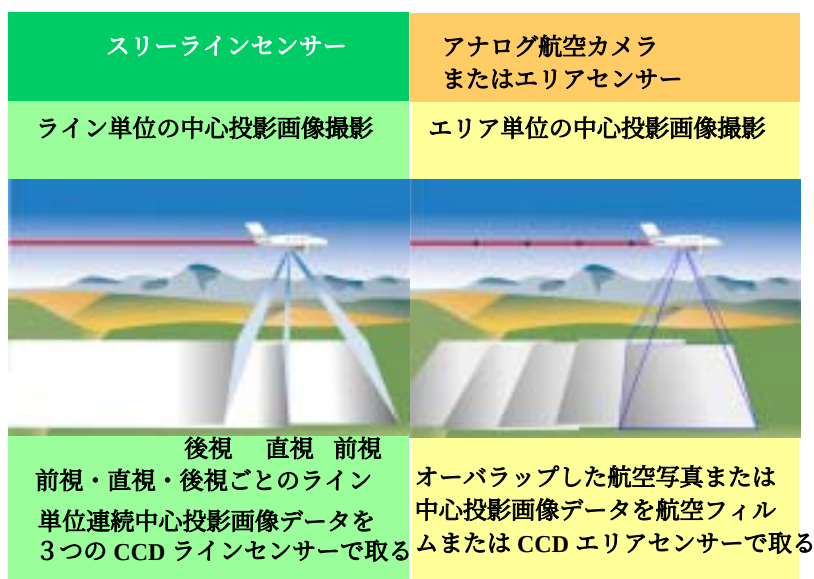
このことから分かるようにラインセンサでは、何らかの補正を行わなければ、像が歪んでしまう可能性があり、スタビライザなどで予め、像が歪まないようにしておく必要がある。エリアセンサは、シャッター速度などによって得られる画像データが違ってくる。

5. まとめ

本研究では、航空宇宙技術の技術動向を把握するとともに、道路事業分野における適用性について検討を実施した。研究成果をまとめると、以下のようになる。

- ・ 道路事業分野における高分解能衛星データの適用性を、業務モデルと空間分解能、要求される取得時間、既存データ収集方法との比較等の多様な検討した結果、現在の情報収集手段でカバーできない情報の収集、異なる時期に撮影されたデータの比較が必要な業務などで、高分解能衛星データの適用可能性が高いことを明らかにした。
- ・ 道路事業分野での利用における高分解能衛星データの要求仕様を提示した。
- ・ 道路事業分野での特徴的な利用として車両抽出があるが、高分解能衛星データを用いた画像処理技術によって自動抽出が可能なことをわかった。
- ・ 道路事業分野では道路区域内のリアルタイム性の高い詳細なデータを取得する必要があるが、成層圏プラットフォームの利用可能性は極めて高いと判断された。

今後は、本研究で検討した内容をもとに、航空宇宙技術による新しいリモートセンシングデータを用いた新たな業務モデルを確立していき、さらに現地での実証的な検討を行って、技術の導入を図っていきたいと考える。



図－9 ラインセンサとエリアセンサの比較