Class B AISの普及を目指したAIS記録データ処理ツールの開発 — 小型船舶の運航管理への適用 —

浦上 美佐子¹・岩見 将平²・砂田 智裕³・若林 伸和⁴

A processing tool of recorded Class B AIS data to improve efficiency of small craft operation toward promotion of AIS usage

Misako URAKAMI, Shohei IWAMI,
Tomohiro SUNADA and Nobukazu WAKABAYASHI

Abstract

In the field of marine traffic management, to improve the safety of navigation using AIS target data, the Class B AIS equipment which is not mandatory is available even for small scale vessels. The Class B AIS equipment is simplified, inexpensive, and downsized. In addition, no operator's certificate to operate it is necessary. Class B AIS can also exchange the data with Class A AIS. So far, some system for not only support of ship handling e.g. collision avoidance, but also the other aspect of the AIS data usage is proposed. But the system like that for small craft is not popular yet. So, we start to study about promotion of AIS usage even for small scale vessels. For one of the way to achieve the popularization of Class B AIS, we plan to develop a processing tool to make the application form of tax exemption automatically recorded AIS data. In this paper, implementation of this tool, and the evaluation of its effectiveness are given.

Keywords: *information processing, effective utilization of Class B AIS, data processing and analytical software, ITS for the sea*

キーワード: 情報処理、Class B AIS 普及促進、運航実績集計ツール、海上 ITS

1. はじめに

ITS（高度道路交通システム）は、人と道路と車両とをネットワーク化することで、道路交通の安全、輸送効率等の向上を実現している⁽¹⁾。一方、海に着目すると AIS（船舶自動識別装置）が普及し、主に船舶間の衝突回避などに活用されている⁽²⁾⁽³⁾。しかし、SOLAS 条約による搭載義務船用の AIS(Class A AIS)は高額であり、搭載のために免許が必要である。そのため、義務船以外の小型船舶等でも導入しやすい簡易型 AIS (Class B AIS)を導入する選択もある。

Class B AIS は、Class A AIS の伝送情報を一部省略し、空中線電力の低減等を行ったものである。国外では東シナ海の日中・日韓の漁業協定暫定水域で操業する外国漁船の殆どが Class B AIS を搭載しているなど任意での搭載が普及しており、地域によっては義務化されているところもある⁽⁴⁾。我が国においても漁船等への AIS 有効利用と普及促進について議論が必要と考えている⁽⁵⁾。AIS 搭載船舶局の推移⁽⁶⁾より、Class B AIS の搭載数は、平成 23 年 2 月時点の 169 に対し、平成 27 年 2 月時点の 1,022 であるこ

¹ 正会員 大島商船高等専門学校（〒742-2193 山口県大島郡周防大島町小松 1091-1）misako@oshima-k.ac.jp

² 非会員 現・豊橋技術科学大学

³ 非会員 大島商船高等専門学校

⁴ 正会員 神戸大学

とから、年々着実に増加していることが分かる。しかし、日本小型船舶検査機構の保有する検査データ及び登録データを統計処理して得た在籍船数は約35万隻であることから⁽⁷⁾、Class B AISの普及が進んでいるとは言い難い。

AISの利用は、リアルタイムの衝突回避目的だけではなく、応用的利用の事例として、陸上局で記録したAIS受信データによる事故解析や津波の早期検知・通報システムの提案等がある。しかし、Class B AISに関しては、応用的利用の事例はほとんどない。

そこで、本研究ではClass B AISの応用的利用を推進するアプリケーションツールについて検討した。具体的には、Class B AISの搭載が望まれる多くの小型船舶が免税軽油制度を利用するために申請する免税軽油所要数量計算書に着目した。まず、Class B AIS受信データを用いて対象船舶の運航実績を集計し、この計算書を自動作成するアプリケーションツールを提案する。そして、実データを用いた検証および有効性について述べる。

2. AIS普及の効果とその問題点

2.1 プローブ技術としてのAIS

陸上ITSでは、Fig.1に示すようなプローブ技術がある。この技術は、個々の自動車や人をプローブ（探査針）とみなし、各プローブから得られる各種プローブデータを収集し、データに付加価値を付け、個々の自動車や人、さらには交通社会全体に提供するものである。例えば、プローブカー技術の場合、道路交通情報の精度向上を図ることができる。これを海上ITSに置き換えてみると、船をプローブとして用いるプローブシップ技術が必要であり、AISを用いれば実現できると考えられる。その理由としては次の3つが挙げられる。1つ目はSOLAS条約に基

Fig. 1 Various probe information systems

づくAIS搭載義務船には、Class A AISの普及が進んでいること、2つ目はプローブデータとして用いることが可能な標準化された動的・静的情報が定められていること、3つ目は無線通信を利用していること、である。

Class A AISとClass B AISの主な伝送データの種類をFig.2に示す。Class B AISは、AIS非搭載義務船での有効利用が期待されており、広く普及させるため安価な構成となるように伝送データの一部省略、空中線電力の低減などClass A AISの機能を簡略化・小型化したものである。Fig.2より、船舶をプローブとして捉えた場合、船舶毎の位置情報に紐づけされた各種プローブデータを得ることができる。

AISの伝送データは、Table 1に示すようなメッセージの種類（一部抜粋）を表すMessage IDが付与され、通報間隔も異なる。なお、Class B AISは、SOTDMA（自律式時分割多元接続）方式とCSTDMA（キャリアセンス時分割多元接続）方式の2種類が規格化されているため、Table 1ではそれぞれClass B_SOとClass B_CSとして記載した。まず、動的な位置情報に関するMessage IDに着目する。Class A AISは1から3、Class B AISは接続方式に関わらず18である。これらの位置情報に関するMessage IDでは、位置情報である緯度経度の他に、各船舶のID番号であるMMSI、速力等も含まれている。次に、静的情報として船名等を含むMessage IDに着目する。Class A AISは5、Class B AISのSOTDMA方式は19、CSTDMA方式は24である。なお、Class B AISを扱ううえで、

Fig.2 Comparison of Class A AIS and Class B AIS

Table 1 Difference between Class A AIS position report and Class B AIS position report (excerption)

Type	Dynamic data	Static data	Reporting intervals
ClassA	Message ID 1,2	Message ID 5	10 sec
	Message ID 3		3.3 sec
Class B_SO	Message ID 18	Message ID 19	30 sec
ClassB_CS	Message ID 18	Message ID 24	30 sec

2 種類の接続方式を示したが、筆者らが取得可能な日本周辺海域の AIS 陸上局や AIS 船舶局の AIS 記録データを調査したところ、SOTDMA 方式の Message ID 19 は含まれていなかったため、本論文では、Class B AIS の CSTDMA 方式を Class B AIS として扱うこととする。そして、通報間隔に着目する。Class A AIS は回頭角速度や速力の変化に応じて通報間隔が自動的に変化する機能を保有しているが、Class B AIS は接続方式に関わらずいかなる航行状態にあっても 30 秒間隔である。以上のことを踏まえて、AIS の伝送データをプローブデータとして捉えた場合、通報間隔は位置情報の粒度（位置情報の記録間隔）を意味する。従って、AIS で得られるプローブデータを蓄積し、発展的に活用する際には、通報間隔の大きい Class B AIS では、特にこの位置情報の粒度を考慮しなければならない。

2.2 AIS の発展的利用事例と Class B AIS 搭載促進への期待

AIS で得られるプローブデータとしての記録データを利用した事例には、例えば、文献(8)に示すように、過去の広島県の沖合で発生した衝突事故が発生した際、陸上局で記録した AIS 受信データから事故を起こした特定船舶を抽出し、事故解析が行われた例などがある。もし、沈没した釣り船にも AIS が搭載されていれば双方の航跡からより詳しい事故解析が可能になったといえる。もちろん、釣り船に AIS が搭載されていれば、未然に事故を防ぐことができた可能性が高い。漁船に AIS を搭載すれば、自船の存在を含め付近航行船舶との間で AIS データとして送受信することができ、付近航行船舶も漁船の存在を早期にかつ確実に認識することができる。他にも、文献(9)では、日本の沿岸を航行している AIS を搭載している船舶が津波襲来を受けた際の挙動を検知し、素早く陸上に伝達するといった津波検知システムとして活用する方法が提案されている。もし、AIS 義務化船以外の多くの船舶に AIS が搭載されていたならば、様々な応用可能性のあるプローブデータがより豊富に入手できることが期待できる。

しかし、Class B AIS に限ってみれば応用的利用の事例はほとんどない。未だ、Class B AIS を漁協所属船でまとめて搭載すれば、ニュースになるような状況である⁽¹⁰⁾ように普及は進んでいない。本研究では、Class B AIS の応用的利用を促進するアプリケーションを提案し Class B AIS の小型船等への普

及促進の一助となることを目指す。

3. Class B の応用的利用を推進するアプリケーションの提案

3.1 運航実績集計と提案アプリケーション

軽油引取税の免税制度対象は「公道を走行するナンバープレートを付けた車輛の燃料用途以外」が大原則であるが、政策的配慮等の観点から、船舶又は特定の機械の動力源の用途など、地方税法で定められた特定の用途に軽油を使用する場合については、課税を免除することができるとされている⁽¹¹⁾。まず、免税軽油所要数量計算書の必要性について説明する。陸上の乗用車やバス、ダンプカーなどの燃料である軽油には、1 リットルにつき 32.1 円の軽油引取税がかかっている（平成 28 年 7 月現在）。軽油引取税を免税することが可能な免税軽油制度が存在する。この免税軽油制度を活用するためには、免税軽油書を申請する必要がある。エチレンなどの石油化学製品を製造する事業を営む者がその原料として軽油を使用する場合や、船舶・農林業用機械の動力源などの法律で決められた特定の用途のために軽油を使用する場合には、免税の申請を受けることにより課税が免除される。しかし、免税制度を申請しない事業者も多くある背景として、①免税軽油制度を受けるための申請書を手作業で作成、②申請書を作成する労力とコスト・時間がかかる、③申請書の中でも、「免税軽油所要数量計算書」と実績書類の「免税軽油使用状況簿」の作成が大変、といった声が多く聞かれる。この「免税軽油使用状況簿」は、1 日毎の稼働時間と燃料消費量を記載しなければならない。そのため、毎日アワーメータを確認・記録し、稼働時間の算出等を行う必要がある。また、燃料消費量に関しては小型船舶では燃料の流量計等がついていない船舶も多く、おおよそ数値を入れているのが現状である。このように、既往の手続き方法では、先に述べた 1 日毎の運航実績を「免税軽油使用状況簿」に記載し、これらの実績データを集計して、「免税經由所要数量計算書」を作成する。

以上のことより、本研究で提案するアプリケーションでは、これらの手間がかかる反面、データとしては大雑把である一連の算出作業を、AIS 陸上局で受信した AIS 記録データから得られる緯度経度・速力・稼働時間と船舶固有の静的なデータをもとに、申請時にボタン一つクリックするだけで、運航実績を自動的に集計し、「免税軽油使用状況簿」と「免

税軽油書所要数量計算書」を作成する。なお、本論文では、「免税軽油所要数量計算書」を作成するためには、実績書類である「免税軽油使用状況簿」を作ることは必然であるため、ここでは省略する。提案するアプリケーションを使って免税制度を申請する事業者が増えることで、Class B AIS の応用的利用によりその搭載普及が推進することを目的とする。

Fig.3 は、Class B AIS を搭載した船舶から送信されたデータを、AIS 陸上局（大島商船高等専門学校艇庫に設置⁽¹²⁾）が受信し、計算書を自動作成する流れを示す。Fig.4 に本研究で使用した小型船舶、

Fig.3 Automatic creation step of the application form

Fig.4 Small crafts used for tool evaluation
(LEFT: HAYATE (Class B AIS), RIGHT: SUBARU (Class A AIS))

免税軽油所要数量計算書（その他）										審査者	
住 所（所在地）		山口県大島郡周防大島町小松1091-1									
氏 名（名称）		大島商船高等専門学校									
所要数量計算期間		平成 26 年 10 月 1 日から		平成 27 年 3 月 31 日まで		6 か月間					
機 械・車 両 又 は 設 備		主たる主機		主たる補助機		伝馬船7号		伝馬船8号			
1馬力1時間当たり燃料消費量（リットル）		0.19		0.19		0.23		0.23		0.18	
馬 力 数（ワット）		410		410		14.3		50		32	
(イ)に対する負荷率（％）		80		80		80		80		80	
平均馬力数（ワット）		328		328		11.4		40		25.6	
1日平均稼働時間（時間）		2.6		2.6		2.6		2		2	
運 転 時 間 率（％）		100		100		100		100		100	
1日平均運転時間（時間）		2.6		2.6		2.6		3		3	
計算期間内の稼働日数		10		10		10		10		30	
軽 油 消 費 量（リットル）		1,620		1,620		68		276		415	
免 税 軽 油 所 要 数 量						申請		4,000		リットル	
前同月同期間消費数量		1,380		-		-		140		260	
備考		負荷率、運転時間率を標準以下とした場合その理由									
注		運転時間率 = 実際の運転時間 / 1時間									

Fig.5 Application form in Yamaguchi Prefecture (Paper media)

Fig.5 に紙媒体で申請する場合の書式（山口県の例）を示す。

3.2 免税軽油所要数量計算書の作成

Table2 に免税軽油所要数量計算書を作成するために必要な記載項目を示す。Table1 で示した Class A AIS と Class B AIS の相違点を踏まえ、Table2 中の運航実績情報(5)、(8)、(9)、(10)に AIS 受信データを用いれば、自動的に運航実績を集計し、免税軽油所要数量計算書の各項目値を自動的に付与できる。AIS 受信データからは、対象となる船舶の MMSI または呼出符号、緯度・経度・時刻を用いる⁽¹³⁾。Table2 中の(7)の負荷率は、平均速度を用いて計算する。この平均速度は、移動距離と稼働時間を用いて算出する。移動距離は、受信した緯度・経度をハビニの公式⁽¹⁴⁾を用いて算出する。稼働時間は、受信した時刻から算出する。なお、馬力数等の船舶関係情報は手動で与える。

4. Class B AIS 受信データの有効性検証

Class B AIS 受信データを用いて計算した結果値が、本アプリケーションに用いるデータとして十分であるか検証を行った。

4.1 検証1（稼働時間）

Fig.6 は、1 日分の Class B AIS 受信データから大島商船高専「はやて」のデータを抽出し、得られた計測時刻と速力を示す。横軸が計測時刻、縦軸が速力である。稼働時間は、速力が 0 より大きい場合の時刻経過の総和とした。「はやて」ではエンジンスイッチを ON にすると、自動的に Class B AIS を起動するように設定している。従って、稼働時間は、速力と時刻で算出できる。Fig.6 では、稼働時間は 9 時 32 分から 11 時 49 分、13 時 33 分から 16 時 34 分までの総和を求めることで、算出した。

Table 2 Required item of application form

船舶関係 情報	(1) 住所
	(2) 氏名
運行実績 情報	(3) 馬力数：船舶検査証に記載の値(連続最大出力) (ア)
	(4) 機械・車両又は設備名
	(5) 所要数量計算期間 (6か月間)
	(6) 1馬力1時間当たり燃料消費量(不明な場合0.23L) (イ)
	(7) (ア)に対する負荷率(平均速度/最大速度×100) (ウ) (最大速度は手入力、平均速度はAISデータから求める)
	(8) 平均馬力数：(ア)×(ウ)=(エ)
	(9) 1日平均稼働時間(終了時間-開始時間) (オ)
	(10) 運転時間率：AISの稼働時間/エンジン稼働時間 (カ)
	(11) 1日平均運転時間：(オ)×(カ)=(キ)
	(12) 計算期間内の稼働日数 (ク)
	(13) 軽油消費量：(イ)×(エ)×(キ)×(ク)

Fig.6 Relation between “velocity” and “Operating time” of HAYATE(Class B AIS)

Fig.7 Relation between “velocity” and “operating time” of SUBARU(Class A AIS)

Fig.7 は、大島商船高専「すばる」(Class A AIS 搭載)の1日分のAIS受信データであり、Fig.6と同様に、横軸が計測時刻、縦軸が速力である。稼働時間は10時15分から12時42分であった。Fig.7についても同様に、速力と時刻で稼働時間を算出できることが分かった。Fig.6とFig.7で扱う受信データは、Class A AISとClass B AISとの通報間隔が異なるため、受信データの粒度(受信データの記録間隔)が異なっている。この粒度の違いは、通報間隔だけではなく他要因として、Class B AISの方が受信データの欠落頻度が多かったことが挙げられるが、空中線電力の違いによる影響を受けていると考えている。このように、Fig.6とFig.7では、受信データの粒度の違いの影響により、得られる速力データのばらつきが異なっているが、速力を稼働時間の判定に用いることへの影響は問題ないといえる。

4.2 検証2(移動距離)

Class B AIS 受信データでは、Fig.6に示したとおり、受信データの粒度の違いにより、速力変化のばらつきが大きくなっている。そこで、通報間隔30秒のClass B AISデータで、移動距離を算出するのが適切かどうかを検証する。ここで、2.1節の表1

Table3 Distance by difference in the report interval of each liner

Liner Name	Used data (date,time)	Interval [km]		Difference[%]
		10sec	30sec	
KASASA	2014/2/4, 07:58:20~11:53:20	8.350	8.224	1.5
KUKA	2014/4/24, 14:35:25~16:41:30	12.504	12.328	1.4
SETO	2014/2/4, 11:09:00~17:51:40	24.631	24.091	2.1
HIRAI	2014/2/4, 07:58:30~11:29:46	54.537	53.714	1.5

より、Class A AISの通信間隔は、回頭角速度や速力等の変化により通報間隔は変動するが、通常は10秒間隔である。この10秒の通報間隔での移動距離を基準値とし、30秒の通報間隔での移動距離との距離差の比率を比較することにした。実際の検証は、10秒毎位置をGPSから取得している船舶の位置を記録したデータを用い、これらの位置情報とClass B AIS受信データに見立てた30秒間隔に間引きしたデータによる移動距離の計算結果の比較を行った。

この比較には、山口県周防大島町の4隻の定期運行船で、10秒毎の位置をGPSから取得して記録したデータを用いた⁽¹⁵⁾。これら船舶の位置情報を用いて発信間隔の違いによる航海距離の比較評価を行った結果をTable3に示す。定期船は定時運行を義務付けられているため、運航直後から最高速度を保つために急加速することが多くある。また、これらのうち航海距離が少ない「かささ丸」と航海距離の長い「ひらい丸」を比較しても10秒間隔を基準とした距離計算結果の距離差の比率は、いずれも約2%以下であり、本アプリケーションのデータとして用いるには十分であることが分かった。

以上のことにより、Class B AISのデータであっても免税軽油所要数量計算書に記載するデータとしては手作業で計算したものよりは著しく精度が高いということができ、本計算書に記載するための有効数字を考えた場合、十分に正確な値で作成することが可能である。

5. Class B AIS 記録データのプローブデータとしての可能性検討

小型船舶より大きな非義務船のClass B AIS記録データのプローブデータとしての利用可能性も考えるため、より長距離の受信データを検討した。神戸大学深江丸が仙台塩釜港(宮城県)から神戸港(兵庫県)までの航海中に受信し記録したデータからMessage ID=18の位置情報を抽出し、図示したものをFig.8に示す。なお、実線は深江丸のClass A AIS

Fig.8 Position data of Class B AIS received by FUKAE MARU
(2012/3/20 from 00:00 to 23:59, on the way from SendaiSshiogama to Kobe)

船舶局が記録した自船の航跡である。

Class A AIS の場合、運航に影響を与える高速運航や変針操船を行った場合は通報間隔が自動的に変更されるため、深江丸の航跡のように、AIS で得られた位置情報を用いた航跡の再現性は非常に高い。しかし、Class B AIS の場合、どのような運航の状況下でも通報間隔は 30 秒と定められている。また、Class B AIS は空中線電力が小さいため、航海中の深江丸 (AIS 受信局) と距離が近ければ比較的連続的な航跡となっているが、距離が遠ければ受信データの粒度が荒くなり、不連続な航跡となっている。なお、Fig. 8 に示した Message ID=18 の位置情報は 639 隻分である。これらのことより、Class B AIS は受信局との距離が離れる場合や、変針操船や高速の運航が多い場合、受信データの粒度がより荒くなる傾向にあるため、リアルタイムの避航のように、現在の正確な位置情報の把握を目的とするような応用的利用を検討する際には、位置情報を補間し、粒度をより細かくする必要があることが分かった。逆に、受信局との距離が近く、定期船や運搬船のような、変針操船が少なく、運航時の速力の変化も小さい場合は、粒度の違いによる影響はあまり受けないと考える。

これらのことを考慮すれば、Class B AIS 記録データが応用的利用価値のあるプローブデータとして利用できるといえる。

6. おわりに

本研究では、Class B AIS の応用的利用として、免税軽油所要数量計算書の自動作成アプリケーションを提案し、実際にツールを開発した。Class B AIS を搭載している船舶からの AIS 受信データをプローブデータとしてとらえ、時刻と速力から稼働時間、緯度・経度から移動距離を計算し、自動的に精度の高い運航実績集計を行うことが可能であるこ

とを示した。本年度、本アプリケーションを用いて作成した免税軽油所要数量計算書を用いて申請を行う予定である。

本アプリケーションの目的は、免税軽油所要数量計算書を自動的に作成することであり、小型船舶の運航者にとってメリットのある免税を容易に申請できるようになることで、Class B AIS の普及促進を期待するものである。さらに船舶のメンテナンス基準の提示により、エンジンオイル交換の推奨時期やオーバーホールの推奨時期を確認することなども可能になるものと考えている。また、馬力数に対する負荷率の提示により、燃料消費や CO2 の排出などの度合いを提示することも可能となる。これらのことが、多くの小型船舶へ Class B AIS を搭載するきっかけとなり、海の ITS における海上交通情報の精度向上へ寄与することを期待している。

謝辞：本研究の一部は、科学研究費補助金 (No. 15K06619、No. 16K06916) の助成を受けたものである。ここに付記して謝意を表する。

参考文献

- (1) 河合克哉：高速道路向け交通流推定技術の検討，情報処理学会研究報告，vol. 2014-ITS-58，No. 9，2014.
- (2) 長谷川健二・平野研一：地文航法 二訂版、海文堂出版、2012.
- (3) 田中隆博：世界各地域の AIS の利用状況，海上保安大学校，
<http://mte.j-navigation.org/pdf/201404.pdf> (平成 27 年 11 月 5 日閲覧)
- (4) 松本浩文・古庄雅生・下岡尚輔・小野昌也：漁船搭載の AIS 有効利用に関する考察，日本航海学会論文集，第 130 巻，pp69-75.
- (5) 山下和雅・若林伸和・渡邊貴幸：Class B AIS の実用性と普及に関する考察，日本航海学会第 126 回講演論文集，pp. 133-140.
- (6) 土屋泰司：AIS を活用した海難防止への取り組み，平成 27 年度海難防止講演会，
<http://www.kiai.gr.jp/jigyoku/h27/PDF/0702p2.pdf> (平成 28 年 11 月 5 日閲覧)
- (7) 年度末における在籍船 (平成 27 年度末)，日本小型船舶検査機構，
http://jci.go.jp/jci/toukei_jouhou.html (平成 28 年 11 月 5 日閲覧)
- (8) 「海自艦，右旋回後に衝突か」，広島県大竹市

沖合で発生した衝突事故解析に AIS 陸上局で記録した AIS データを利用した事故解析, 2014 年 1 月 15 日朝日新聞 1 面.

- (9) 牧野秀成 : AIS データを用いた津波の早期検知・通報システムの構築に関する研究—船舶挙動解析による津波の検知—, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 70, No. 2, pp. I_984 – I_989, 2014.
- (10) 全国初 気仙沼遠洋漁協が全船に簡易 AIS 設置へ, 海上保安新聞 2014 年 7 月 16 日記事, <http://blog.canpan.info/kaiho-shinbun/archive/49> (平成 28 年 3 月 1 日閲覧)
- (11) 免税軽油制度の対象適用, <http://www.ecoglobe21.com/adicon/menzeikeiyu.html> (平成 27 年 11 月 5 日閲覧)
- (12) AIS 受信機 EC3000, http://www.e-chart.jp/product/ais/ais_index/aisl/ec3000.html (平成 28 年 9 月 12 日閲覧)
- (13) ITU – R : Technical characteristics for an automatic identification system using time division multiple access in the VHF maritime mobile-band, RECOMMENDATION ITU-R M.1371-3, 2007.
- (14) 地理院地図, <http://www.gsi.go.jp/> (平成 27 年 3 月 1 日閲覧)
- (15) 金岡拓哉, 浦上美佐子, 本木久也, 西下葉津紀, 大内清香, 松井孝, 和田雅昭 : プローブデータに基づく定期船運航管理時の異常検知, 情報処理学会 DPS ワークショップ講演論文集, pp191-197, 2015.