

交通調査における回答者インセンティブの効果¹

Cost Effectiveness of Respondents Incentive Articles in Transportation Survey

奥村 誠²・福住彰規³

Makoto OKUMURA, and Akinori FUKUZUMI

1. はじめに

交通調査において、細かな行動や意識などを含む複雑な調査が増え、精度や回答率が低くなることが問題となり、効率的な調査方法の開発が求められている。本研究では、インセンティブ（謝礼）をつけるという方法を取りあげ、その効果を定量化して、一定の精度を得るために最も費用の小さいインセンティブの水準を考察する。

以下、2. ではインセンティブの効果に関する既存の研究に触れ、本研究におけるインセンティブの効果の考え方を明らかにする。3. では各調査項目の母平均推定量について、その精度と調査費用との関係を考察し、インセンティブの効果を定量化する。4. では実際の交通調査のデータを用いて実証的に検討する。最後に5. では本研究を総括し、今後の課題を述べる。

2. 従来の研究と本研究の立場

アンケート形式の調査において、インセンティブにより回答率を高めようという考え方は新しいものではない。Dohrenwend¹⁾、Feber et al.²⁾は複数の種類のインセンティブとともにアンケート票を配布し、回収率に及ぼす影響を実証的に分析した。その結果、トラベルダイアリーのような複雑な調査では高額なインセンティブをつけた場合ほど回収率が高くなるが、簡単な調査に過大な謝礼をつけたり第2回目以降に初めてインセンティブをつけると、回答率の低下を招くことを指摘している。Bonsal et al.³⁾はインセンティブの効果は期待するほど大きくない

と報告しており、Richardson et al.⁴⁾は金銭的なインセンティブよりも、わかりやすい調査票により回答者の時間を節約することが最大のインセンティブになるとしている。

このように既存の研究ではインセンティブの効果には否定的見解が多いが、いずれもその効果を「回答率の上昇」に限定している。しかしながら、究極的な目的は調査精度の向上または調査費用の軽減であり、回答率の上昇はそのための一手段にすぎない。本研究は各調査項目の母平均推定量について一定の精度を確保することを目的とし、それを実現するための調査費用を考察することとする。

一定の回答者の母集団が性格の異なる下位集団（以下では層と呼ぶ）から構成されている場合、回答率の上昇はすべての層で一様であるとは限らない。もしインセンティブにより、もともと回答率の低い層や標本分散の大きい層の回答率が上昇するならば費用の削減効果は大きいのにに対し、回答率の高い層や標本誤差が小さい層の回答率が上昇しても精度の向上は小さく、費用削減効果を期待できない。

さらに、インセンティブをつけたことによって、回答者のアンケートへの取り組み方が変化し、回答率は同一であっても回答内容が変化する可能性がある。回答者がより真剣に調査に取り組み、回答の精度が向上して標本分散が小さくなるならば、所与の精度を確保するための回収枚数は少なくとも良いことになる。従って調査費用の削減が期待できる。一方、回答者がインセンティブに過剰に反応し、層ごとの標本平均値が変化してしまうような場合には、そのバイアスを事後的に修正することは困難であり、インセンティブを用いることはできなくなる。

本研究では一定精度の母平均推定量を得るための調査費用という視点から、インセンティブの効果

¹ インセンティブ、調査論、交通行動分析、意識調査分析

² 正会員 工博 広島大学工学部 (〒739-8527 広島市鏡山1-4-1・Tel&Fax:0824-24-7827)

³ 学生会員 広島大学大学院国際協力研究科

を定量化するとともに、上述した (A) 層ごとに回答率の上昇が一様でない場合、(B) 回答の標本分散が変化する場合における効果を明らかにする。

3. インセンティブを伴う調査の費用

交通調査では1枚の調査票で多数の項目を調査し、それらを用いてモデルの作成などの定量的な分析を行うのが普通である。回答者の全員が調査票に記入するわけではなく、また記入していてもすべての項目に回答しているとは限らない。本研究は各項目ごとの回答を独立して取り扱うこととし、回答された数値から母集団平均値を推定することを考える。

(1) インセンティブが回答精度を変化させず、回答率の上昇率が一様な場合

以下、配布枚数を m 、1枚当たりの配布費用を C_x 、回答数を n 、回答数に比例する処理費用を C_o とすると、費用の変動部分 C は、

$$C = C_x m + C_o n = \left(\frac{C_x}{\bar{e}} + C_o \right) n \quad (1)$$

となる。ただし、 $\bar{e}$ は平均回答率 (n/m) である。この場合には、インセンティブの効果は右辺の第1項 $C_x/\bar{e}$ の分母の上昇率と分子の上昇率の比に集約される。従って既存の研究のように、回答率の上昇に着目し、費用の上昇と比較すれば十分である。

(2) インセンティブによる回答率の上昇と回答精度の変化が一様な場合

標本分散を s^2 とすると、母平均推定量の分散 σ_x^2 は、

$$\sigma_x^2 = \frac{s^2}{n} = \frac{s^2}{m\bar{e}} \quad (2)$$

となる。精度の確保に必要な配布枚数は、

$$m = \frac{s^2}{\sigma_x^2 \bar{e}} \quad (3)$$

である。これを式 (1) に代入すると、調査の変動費用は以下のようにになる。

$$C = \left(\frac{C_x}{\bar{e}} + C_o \right) \frac{s^2}{\sigma_x^2} \quad (4)$$

(3) 回答率の上昇率が層間で一様でないか、回答精度が変化する場合

各層 i の構成比を R_i とし、回収率を e_i と仮定する。ここでは層は、所得のように外見から判断が困難な属性にも関連して定義されているため、配布率を層

ごとに変えることはできないと考える。この場合層 i への配布数 m_i と回収数 n_i はそれぞれ次のようになる。

$$m_i = m R_i, \quad n_i = m_i e_i = m R_i e_i \quad (5)$$

i) 層により平均値が異なる場合

母平均推定量 $\bar{x} = \sum w_i x_i$ が不偏となるためには各層の重み w_i を回答率 e_i に反比例するように定める必要がある。この時母平均推定量の分散は、

$$\sigma_{\bar{x}}^2 = \frac{1}{m} \sum \left(\frac{R_i s_i^2}{e_i} \right) \quad (6)$$

となり、精度の確保に必要な配布枚数および可変費用は以下のようにになる。

$$m = \frac{1}{\sigma_{\bar{x}}^2} \sum \left(\frac{R_i s_i^2}{e_i} \right) \quad (7)$$

$$C = \left(\frac{C_x}{\bar{e}} + C_o \right) \frac{\bar{e}}{\sigma_{\bar{x}}^2} \sum \left(\frac{R_i s_i^2}{e_i} \right) \quad (8)$$

ii) 層により平均値が異なる場合

母平均推定量は重み w_i に関わらず不偏となるので、各層の標本分散に比例する重みを与えることにより母平均推定量の分散を最小にすることができる。この時母平均推定量の分散と配布枚数は、

$$\sigma_{\bar{x}}^2 = \frac{1}{m} \sum \left(\frac{R_i e_i}{s_i^2} \right) \quad (9)$$

$$m = \frac{1}{\sigma_{\bar{x}}^2} \sum \left(\frac{R_i e_i}{s_i^2} \right) \quad (10)$$

で与えられ、調査の変動費用は次式のようにになる。

$$C = \left(\frac{C_x}{\bar{e}} + C_o \right) \frac{\bar{e}}{\sigma_{\bar{x}}^2} \sum \left(\frac{R_i e_i}{s_i^2} \right) \quad (11)$$

インセンティブを使用できるのは、インセンティブをつけた場合の標本平均値がつかない場合のそれと同一である場合に限られる。そこでまず、t検定により平均値の同一性を検定する。同一性が棄却されなければ、インセンティブの有無間で式 (8) または式 (11) を比較し、費用削減効果を計算すればよい。

4. 実調査データに基づく考察

つぎに実際の調査データを用い、以上の計算を具体的に実施して、インセンティブの費用節約効果を考察する。

今回用いた調査データは、平成10年の5月、7月の休日に、買物、余暇活動のために広島市安佐南区古川地区を訪れた人を対象として行われた非日常

表-1 インセンティブ別の配布数と回収数

インセンティブ	配布数	回収数	回収率	単価
(0) なし	798	120	0.15	0
(1) 地図	194	31	0.16	20
(2) 砂糖	103	24	0.23	100
(3) 洗剤	95	325	0.34	200
(4) 図書券	98	43	0.44	500
合計	1288	250	0.19	

表-2 片道所要時間の回答1枚当たりの費用

インセンティブ	(0) なし	(1) 地図	(2) 砂糖	(3) 洗剤	(4) 図書券
回答率 $\bar{e}$	0.15	0.16	0.23	0.34	0.44
単位配布費用 C_x	133	153	233	333	633
$C_x/\bar{e}$	886	959	1001	1021	1443
$C_x/\bar{e}$ の比	1.00	1.08	1.13	1.15	1.63

的な買物行動調査のデータである。古川地区の地図、砂糖、洗剤、図書券の4種類のインセンティブを調査票とともにランダムに配布し、郵送回収を行った。

表-1に配布数、回収数、回収率、インセンティブの単価を示す。高額なインセンティブほど回収率も高い。なおこの調査では配布時に属性のチェックを行っていないので、3.で用いた各層の構成比 R_i を知ることはできない。そこで「インセンティブ無しの場合には各層の回答率が一樣であり、 R_i はインセンティブなしの回収数の構成比に等しい」と仮定して以下の計算を行う。

(1) 回収率の向上と費用の変化率

まず、従来の研究で着目されてきた回収率と費用の変化に着目する。表-2より、どのインセンティブをつけた場合にも、回収1枚当たりの費用 ($C_x/\bar{e}$) はインセンティブをつけないサンプルに比べ大きくなっている。これより式(1)に基づく回答率の上昇のみに着目した考え方では、どのインセンティブも有効でないと判断される。

2.で述べたように、(A) 層ごとに回答率の上昇が一樣でない場合、(B) 回答の標本分散が変化する場合には、式(1)に基づく判断では不十分である。以下、それぞれのケースを例示する。

(2) 回答率上昇の不均一性を考慮した場合(A)

(A) 回答率が層によって異なる例として、片道所要時間の回答を取り上げる。

表-3 インセンティブなしの回答

層	男性	女性	2つの層の差	
R_i	0.32	0.68	検定方法	検定結果
回答率 e_i	0.05	0.05	R_i の仮定により同一	
平均値 $\bar{x}$	0.4	0.7	t検定	同一
分散 s_i^2	0.58	0.78	F検定	同一

表-4 地図をつけた場合の回答

層	男性	女性	謝礼なし(表-3)との差	
R_i	0.32	0.68	検定方法	検定結果
回答率 e_i	0.06	0.09		
平均値 $\bar{x}$	0.5	0.5	t検定	表3と同一
分散 s_i^2	0.38	0.38	F検定	表3と同一

まずインセンティブをつけない場合に、男性と女性の2つの層の標本平均値、および標本分散の同一性をt検定、F検定で検定した結果を表-3に示す。これより平均値と分散は2つの層で有意には異ならなかった。インセンティブとして地図をつけた場合の2つの層ごとの平均値、分散は表-4の通りであり、t検定、F検定の結果では表-3に示したインセンティブ無しの場合と統計的には異ならないことが確認できた。すなわちインセンティブ付きのデータを用いても母集団平均値はバイアスを持たないという基本的な条件は満足されている。

式(11)により、インセンティブ無しの場合と有りの場合の可変費用を求めると、前者が $C = 2334/\sigma_x^2$ 、後者が $C = 1595/\sigma_x^2$ となり、同一の精度を得るための費用は約3分の2に節約できることがわかる。これは、もともと精度の低い層(女性)の回収率の向上が相対的に大きかったためである。

(3) 回答精度の向上がある場合(B)

(B) 回答精度の向上が見られた例として、地区外の月訪問回数の回答を取り上げる。この場合、層ごとの回答率および分散には差がほとんどなかったため、以下では層に分けずに検討を行う。

表-5のように、インセンティブをつけた場合には標本平均値が若干低下したが、t検定では同一性は棄却できなかった。従ってインセンティブをつけたデータを用いてもバイアスは生じないと言う基本的な条件は満たされていると判断できる。回答率は上昇しなかったが、標本分散が約半分になっており、有意に小さくなっている。

式(4)により、インセンティブ無しの場合と有り

表-5 インセンティブの有無による比較

インセンティブ	(0) なし	(1) 地図	差の検定結果
回答率 e_i	0.15	0.15	同一
平均値 $\bar{x}$	3.0	2.4	同一
分散 s_i^2	7.23	3.66	異なる

表-6 回答項目ごとのインセンティブの効果

インセンティブ 回答項目	(1) 地図	(2) 砂糖	(3) 洗剤	(4) 図書券
片道所要時間	A	B	A,B	$e_i > 1$
買物時間	-	-	-	$e_i > 1$
使用金額	-	-	-	-
同行人数	-	-	-	-
買物箇所数	-	B	-	$e_i > 1$
駐車支払意志額	異平均	異平均	異平均	$e_i > 1$
地区外訪問箇所	-	-	-	-
地区外月訪問回数	B	-	-	-
駐車待ち回数	A	B	-	-
駐車待ち時間	B	異平均	B	-

の場合の可変費用を求めると、前者が $C = 9037/\sigma_x^2$ 、後者が $C = 4810/\sigma_x^2$ となり、同一の精度を得るための費用は約 2 分の 1 に節約できることがわかる。

(4) 回答項目ごとのインセンティブの効果

以上の 2 つのケースのように、回収率の向上率が費用の上昇率を上回らないため、従来は非効率と判断されていたようなケースでも、インセンティブをつけたことにより回答の精度が上がり、費用節約ができる場合が存在する。式 (8),(11) は、これらの 2 つの効果と同時に作用する場合にも適用できる。

本調査の各調査項目についても同様な計算を行い、インセンティブの有効性を確かめた。表-6 ではインセンティブにより費用節約ができるケースにはその原因（前述の A,B あるいはその両方）を示し、最も効率的なものは枠をつけている。費用が増加してしまうケースには「-」を表示している。

図書券はどの調査項目に対しても有効とはならなかった。これは配布にかかる費用の上昇率が大きくなるが、インセンティブ無し回収数の比を基準とする R_i を用いて式 (5) により回答率 e_i を計算すると、回答率が 1 を越えてしまった（表では $e_i > 1$ と表示）ケースが多かった。

インセンティブをつけたことによる標本平均値のずれはほとんど見られなかったが、駐車支払意志額については有意な差が検出された（表では「異平

均」と表示）。このことから、意識などの SP 調査項目では、インセンティブによる回答のバイアスに注意する必要がある。

表-6 より、地図、砂糖、洗剤をつけることで費用節約ができる場合があるが、どの調査項目に対して有効かは異なっており、一概にどのインセンティブが有利とは言えない。このことから、事前調査を実施し、重視する項目に応じて最適なインセンティブの種類を選ぶことが望まれる。

5. おわりに

今回の調査データを単純に見ると、回収率の向上は、調査費用の増加分を上回るものではなかった。しかし、そのようなケースでも、層ごとの回収率の向上が不均一であることや精度の向上効果を考慮し、精度と費用の関係式 (8),(11) により評価すれば、インセンティブが効率的になることを具体的に示すことができた。

最後に今後の課題を述べる。

- (1) 本研究では、属性を 1 つずつ取り上げて層を定義したが、いくつかの属性を組み合わせる層別を行う場合の検討を行う必要がある。
- (2) 同じ金額でも品目によってインセンティブの効果が異なる可能性がある。回答者の心理面での分析が望まれる。
- (3) 本研究では、調査項目ごとに母平均推定量の精度を考えてきた。今後は複数の調査項目を用いてモデルを構築することを考え、モデルの誤差を小さくするインセンティブについて検討する必要がある。

参考文献

- 1) Dohrenwend, B.S.: An experimental study of payments to respondents, *Public Opinion Quarterly*, 34, 621-624, 1970.
- 2) Feber, R. and Sudman, S.: Effects of compensation in consumer expenditure studies, *Annals of Economic and Social Measurement*, 3(2), 319-331, 1974.
- 3) Bonsall, P.W. and McKimm, J.: Non-response bias in roadside mailback surveys, *Traffic Engineering and Control*, December, 582-591, 1993.
- 4) Richardson, A.J., Ampt E.S. and Meyburg, A.H.: *Survey Methods for Transport Planning*, Eucalyptus Press, 243-246, 1995.