研究論文(Research Article)

カーボンフットプリント評価における輸送距離の精度調整計算法の提案

永野 宏治^{1,*}・鈴木 郡¹・趙 培江¹・佐藤 和彦¹

A Method for Estimation of Transportation Distance with Controlled Precision to Attain a Carbon Footprint

Koji NAGANO^{1,*}, Gun SUZUKI¹, Peijiang ZHAO¹ and Kazuhiko SATO¹

Synopsis:

Objective. We propose a new method that can estimate transportation distance in order to enhance calculation of the Carbon Footprint of Products (CFP) even though detailed addresses are not known. When the detailed address of the origin and destination cannot be obtained because of business confidentiality or other reasons, this method substitutes an alternative address, representing an area in which the origin is located, for the detailed address. Using this method, we can control a degree of detail in the address.

Results and Discussion. It is often difficult to collect actual addresses for estimation of transportation distance due to business confidentiality and other concerns when calculating CFP. Our method, which estimates transportation distance with controlled precision, is designed in order to overcome these difficulties. Transportation distance is calculated with a web map service. Three address levels with different levels of accuracy are used in this paper. The three address levels are general areas, prefectural areas, and fine city-town areas. CFP data calculated with the proposed method are almost similar to those calculated with detailed address. We also show CFP data that are calculated with a rule of fixed transportation distance. The rule determines a fixed value as the transportation distance based on locations of origin and destination. The rule is often used in Product Category Rules (PCR). The data calculated using our method is closer to the calculated data of the detailed address than that calculated using the fixed transportation distance.

Conclusions. Our proposed method can estimate transportation distance when detailed addresses cannot be attained but a general area of the origin can be determined. The method shows better results than the conventional method described in the PCR.

Keywords: Carbon footprint of products (CFP); internet-based map information service; product category rule (PCR); transportation distance

1. はじめに

カーボンフットプリント (Carbon Footprint of Products, CFP) は、製品のライフサイクルの全過程で発生するCO₂排出量を計算し、そのCO₂排出量を消費者に伝える社会の仕組みである¹⁾。製品のライフサイクルの全過程とは、原材料の生産、原材料の輸送、工場での製造、製品の輸送、販売、消費、廃棄である。CFPのデータの基準と計算方法は、商品種別算定基準 (Product Category Rule, PCR) で決められている²⁾。

CFPの計算に使うデータには、一次データと二次デー

タがある。一次データは、実施者が自ら収集するデータである。CFPの計算は、製品のライフサイクル全体を対象にするため、実施者自らが全てのデータを収集するのは現実的でない。自らがデータを収集できない場合、先行するケーススタディや文献などから生成されたデータを使う。このような先行のケーススタディや文献などで生成されたデータは、データベースとして公開されている。実施者自らが直接収集しないで、一般的なデータベースから引用するデータは、二次データと呼ばれる。

筆者らは、これまで、食品のCFPを計算してきた³⁾。こ

1 室蘭工業大学 / 〒050-8585 室蘭市水元町 27-1

1 Muroran Institute of Technology / 27-1 Mizumoto, Muroran, Hokkaido 050-8585

* 連絡先 (Corresponding author), nagano@mmm.muroran-it.ac.jp

の食品のCFPの計算では、食品メーカーに依頼して、原材料の量、原料調達先、工場のエネルギー消費量などのデータを収集した。そして、その計算結果を、店舗内でのPOP (Point Of Purchase advertising) や製品の包装材などで消費者に伝えてきた。筆者らがCFPを計算し、公開した製品は130品になる⁴⁾。

CFPの計算では、原材料の輸送時に発生するCO₂排出量の計算に関わるデータ収集に課題があると筆者らは考えた。なぜなら、筆者らが食品メーカーにデータ収集を依頼した時、原材料のデータ収集が困難になる場合が多かったためである。データ収集が困難になる理由には、(1) 原材料の調達先が企業秘密のため、データをもらえない。(2) 原材料の調達先が多数あるため、全てを収集できない。(3) 輸送方法を把握できない。等があった。CFPがより広く実施されるには、輸送過程のCO₂排出量の計算におけるこれらの課題の解決が望まれる。

輸送過程のCO₂排出量の計算方法には、主に、燃費法、トンキロ法がある¹⁾。燃費法では、輸送手段ごとの燃費と輸送距離のデータを収集し、燃料使用量を算定する。燃料使用量と燃料種ごとの供給・使用に係わる排出量係数 (kg-CO₂/リットル) を乗算して、CO₂排出量を算定する。トンキロ法では、輸送手段ごとの輸送負荷 (輸送トンキロ) のデータを収集し、輸送手段と積載率別の輸送トンキロあたりの燃料消費による排出量係数 (kg-CO₂/トンキロ) を乗算して、CO₂排出量を算定する。

公開されている多くのPCR²⁾ では、一次データを取得できない場合、輸送範囲に応じて決めた輸送距離を使ってCO₂排出量を計算している。例えば、精製糖 (第2版) のPCR⁵⁾ では、表1に示すように、輸送距離を、市内もしくは近隣市間に閉じている輸送の場合は50km、県内で閉じた輸送の場合は100km、県間輸送の可能性のある場合は500km等と固定している。この輸送範囲に応じた輸送距離の値は、他の多くのPCRでも採用されている。

CO₂排出量をより正確に推定するには、輸送範囲に応じて輸送距離を固定する手法は限界がある。また、企業秘密などにより、輸送経路の詳細な住所を明らかにできない場合でも輸送過程のCO₂排出量を計算できる仕組み作りが望まれる。一方、2013年の日本全体におけるエネルギー起源のCO₂排出量に占める貨物運輸の割合は、7.0%と無視でき

ない大きさである⁶⁾。したがって、輸送時に発生するCO₂の量をより正確に見積もれるようになることは意義がある。

本論文では、原材料あるいは製品の輸送時におけるCO₂排出量の計算にある課題を解決するために、輸送距離の「精度調整計算法」を提案する。本論文では、まず、輸送距離推定の問題点をまとめる。次に、その問題点を解決するために提案する「精度調整計算法」の考え方を述べる。そして、輸送方法に応じて、「精度調整計算法」の具体的な実現方法を説明する。最後に、「精度調整計算法」の性能を検証する。

2. 輸送距離推定の問題点

輸送距離を推定する時の問題点には、実際にトラック等で輸送して輸送距離を測定する時の問題と、ウェブの地図サービス (Google マップ等) を使って輸送距離を推定する場合の問題がある。

CFPの実施者は、輸送距離や消費燃料を直接測定し難い。CFPの実施者は多くの場合メーカーと考えられる。日本においては、サプライヤー側がメーカーへの納品業務を担っており、かつ実際の輸送業務は輸送業者に委託される。そのため、CFPのデータ収集のために輸送距離を実測することは、CFP実施者であるメーカーと輸送を委託された輸送業者にとって負担である。

原材料等の調達には、メーカーが直接仕入れる一次サプライヤー以外に、一次サプライヤーが仕入れる二次サプライヤー、さらに二次サプライヤーに納品する三次サプライヤー等が関わっている。メーカーは、二次、三次サプライヤーから原材料等の輸送に関する情報を採取し難い現状がある。

しかしながら、ウェブの地図サービスが提供する経路距離を、CFPの輸送距離として使える環境が現在は十分に整っている。メーカーは、製造過程における原料産地、中間業者の施設、集荷施設、工場等の住所を把握できる。輸送の出発地と到着地の住所を使えば、ウェブの地図サービスにより、出発地と到着地の間の経路距離を取得できる。現代は、輸送業者は、カーナビやウェブの地図サービスを使って、目的地までの経路を探す場合が多くなっている。したがって、輸送の出発地と到着地の住所からウェブの地図サービスが示す経路と輸送業者が実際の使う経路には大きな差はないと考えられる。以上のような現代の輸送システムでは、輸送の出発地と到着地の住所からウェブの地図サービスで求めた距離を、CFPの計算における輸送距離としても問題はないと筆者らは考える。住所の情報を収集する作業は、実際に車を移動して輸送距離を測るより容易なため、CFPの計算に、ウェブの地図サービスを使って輸送距離を推定する手法は意義がある。

表1 PCRで一次データを採取できない場合採用されている輸送距離⁵⁾

範囲	輸送距離 (km)
市内もしくは近隣市間に閉じている	50
県内に閉じている	100
県間輸送の可能性のある	500

しかし、ウェブの地図サービスで輸送距離を推定するために、CFP実施者が原料産地、中間業者の施設、工場等の住所を集める場合、いくつかの問題がある。筆者らが実際に食品メーカーにCFPに関するデータの収集を依頼した⁴⁾時、

1. 企業秘密により、原料調達先の詳細な住所を明らかにできない。
2. 原材料の生産地が多数ある場合、その全ての詳細な住所の収集は現実的でない。
3. 輸送を輸送業者に委託しているため、輸送方法をCFP実施者が把握できない。

といった理由が相乗的に働いて、データを収集できない場合があった。なお、本論文では、この「詳細な住所」とは、地図上のより狭い範囲を特定できる住所を意味するとする。

また、ウェブの地図サービスを利用する時、輸送の節点になっている施設の位置を、経路距離を決められる細かさで特定できない場合がある。その原因の一つは、収集した住所に間違いがある場合である。筆者らの経験では、市名は正しいが町名が間違っただけに、ウェブの地図サービスが対応できない場合があった。間違っただけの住所はできる限り修正すべきである。しかし、CFP実施者が、詳細な正しい住所を求めて、原材料調達先の住所を精査するにも限界がある。第二の原因は、施設名が広い場所を表す場合である。例えば、港は湾を取り囲む広域を指すため、特定の一つの地点に限定できない。

3. 輸送距離の精度調整計算法

前節で指摘した輸送距離を計算する時の問題点を解決するために、本論文では、輸送距離の「精度調整計算法」を提案する。

3.1 考え方

本論文では、輸送距離を収集した住所とウェブの地図サービスを使って輸送距離を算定する。本論文で提案する「精度調整計算法」は、住所を表現する精度を条件によって調整して、輸送距離を算定する手法である。図1に住所を精度により階層で表現する概念を示す。住所の精度を粗くした場合、対象になる地域は広くなる。その時、その広い地域を代表する地点の住所を使って輸送距離を算定する。「精度調整計算法」は、「住所階層の設定」と「推定輸送距離計算」の2つの処理に分けられる。

1. (住所階層の設定) 収集した輸送節点の住所に求められる精度を決める。この精度は、原材料の調達先との交渉等により決める。
2. (推定輸送距離計算) 住所の精度に応じた地域区分の代表地点を使って、輸送距離を算定する。

図1 住所を精度により階層で表現する概念図

この「精度調整計算法」により、企業秘密で公開できない場合でも、公開できる範囲内の精度で輸送距離を算定できるようになる。また、複数の地点を、1つの地点で代表させるため、複数の生産地からの輸送距離を一括して算定できる。したがって、広く散在する原材料生産地の住所を収集する手間を減らせられる。ウェブの地図サービスで特定できない住所でも、その地点を含む範囲を代表する地点の住所に置き換えられる。本手法は、現在PCRで多く記載されている輸送範囲により輸送距離を固定する手法に比べて、輸送距離の誤差をより系統的に評価できる利点もある。

2節において、輸送距離推定のためのデータ収集時の問題点として、輸送方法のデータ収集を指摘した。輸送方法は、企業秘密等の制限を強く受けにくい情報である。「精度調整計算法」に従って粗い住所を決められれば、輸送方法のデータはメーカー担当者との交渉により収集できる。

原材料等の輸送について、メーカーが二次、三次サプライヤーの情報を採取し難い問題は、この「精度調整計算法」によっても、根本的には解決できない。「精度調整計算法」では、大まかな住所も輸送距離の推定には十分に有益な情報になるとする。したがって、サプライチェーン全体で、大まかな住所だけでも伝えるようになることが望まれる。

3.2 具体的手法

本論文では、「精度調整計算法」の地域区分を、図1のように、「地方」、「都道府県」、「市区町村（市郡、区町、町村）」の大きく三つの階層に設定した。この階層区分は、日本の社会で広く受け入れられている区分に一致させるとともに、一つの区分ができるだけ狭い範囲になるように設定した。「地方」と「都道府県」の区分を図2に示す。地方階層は、最も広い範囲になっており、北海道・東北・関

図2 精度調整するために区分けした地方、都道府県とその代表地点

東・甲信越・北陸・中部・近畿・中国・四国・九州・沖縄の11区分である。都道府県階層は、都道府県で分けた。都道府県階層は、1都2府43県の46区分と、北海道を分割した道央・道北・道南・道東の4区分を含めた全50区分である。市区町村階層は、各都道府県をさらに細かな市区町村で区分した階層である。

「地方」、「都道府県」の階層では、それぞれの区分内の代表地を設定する。その代表地間の輸送距離をウェブの地図サービスを使って算出する。図2に、各区分における代表地を示す。地方階層では、その地方に属する都道府県の中で、最も人口の多い都市にある都道府県庁の所在地を代表地にした。都道府県階層では、各都道府県の都道府県庁の所在地を代表地にした。北海道では、4分割した区分内で最も人口の多い都市（札幌、旭川、函館、釧路）の道庁と支庁を代表地にした。市区町村階層では、代表地を設定せず、ウェブの地図サービスが住所を同定できれば、その住所で輸送距離を算出する。ウェブの地図サービスが住所を同定できなければ、「町村」・「区町」・「市郡」と区分を広くし、市役所等の各市区町村の行政の中心施設の住所を使用する。行政の中心施設の住所を使う理由は、市区町村までの精度の住所であれば、市役所、区役所等の行政の中心施設の住所がウェブの地図サービスでは自動的に割り振られるためである。

トラック輸送

トラック輸送では、到着地点が港・貨物駅以外の場合と、到着地点が港あるいは貨物駅の場合で、輸送距離の計算を分けた。到着地点が港・貨物駅以外の場合、出発地点と到着地点の二つの住所を、要求される精度の区分における代表地の住所で、ウェブの地図サービスを検索し、輸送距離を取得する。

輸送が、トラック輸送から船舶輸送に引き継がれる場合、出発地点から港までの輸送距離を計算する必要がある。地域区分が「地方」や「都道府県」の場合、その地域区分内には複数の港があるため、利用する港を特定できない。しかし、貨物輸送に使う港の数は限られている⁷⁾。

地域区分が「地方」や「都道府県」の場合、港までの輸送距離を、公益社団法人日本港湾協会が公開している貨物取扱港とその取扱貨物量⁷⁾に基づいて計算する。日本港湾協会が取扱貨物量を公開している貨物取扱港を表2にまとめる⁷⁾。地域区分が「地方」や「都道府県」の場合、その地域区分内のある複数の貨物取扱港を出発港に割り当てる。そして、出発地点から港までの輸送距離は、貨物取扱港の取扱貨物量で重み付けした平均輸送距離とする。図3に出発地点から港までの平均輸送距離の計算方法を示す。港 i の取扱貨物量比 a_i を、

表2 「地方」、「都道府県」の港⁷⁾。北海道は「都道府県」階層では4つに区分する。

地方	都道府県	港	地方	都道府県	港
北海道	北海道 (道北)	稚内、留萌	近畿	京都	舞鶴
	北海道 (道東)	紋別、網走、根室、釧路、十勝		大阪	阪南、堺泉北、大阪
	北海道 (道央)	苫小牧、室蘭、小樽、石狩湾新		兵庫	尾崎西宮芦屋、神戸、東播磨、姫路
	北海道 (道南)	函館		和歌山	日高、和歌山下津
東北	青森	青森、むつ小川原、八戸	中国	岡山	宇野、水島、岡山
	秋田	能代、船川、秋田		島根	浜田、三隅、西郷
	岩手	久慈、宮古、釜石、大船渡		鳥取	鳥取、境
	宮城	石巻、仙台塩釜		広島	福山、尾道糸崎、呉、広島
	山形	酒田		山口	下関、小野田、宇部、三田尻中関、徳山下松、岩国
	福島	小名浜、相馬	四国	香川	坂出、高松
関東	茨城	日立、常陸那珂、大洗、茨城、鹿島		愛媛	宇和島、松山、今治、東予、新居浜、三島川之江
	千葉	木更津、千葉		徳島	徳島小松島、橘
	東京	東京		高知	高知、須崎、宿毛湾
	神奈川	川崎、横浜、横須賀	九州	福岡	博多、北九州、苅田、三池
甲信越	新潟	新潟、直江津、両津、小木		佐賀	伊万里、唐津
北陸	富山	伏木富山		長崎	長崎、佐世保、厳原、郷ノ浦、福江
	石川	七尾、金沢		熊本	八代、三角、熊本
	福井	敦賀		大分	中津、大分、津久見、佐伯
中部	静岡	田子の浦、清水、御前崎		宮崎	細島、宮崎、油津
	愛知	三河、衣浦、名古屋		鹿児島	志布志、鹿児島、川内、西ノ表、名瀬
	三重	四日市、津松坂、尾鷲	沖縄	沖縄	金武湾、中城湾、那覇、運天、平良、石垣

図3 船舶輸送において港への輸送距離を計算する方法

$$\alpha_i = \frac{m_i}{\sum_{j=1}^N m_j} \quad (1)$$

とする。ただし、港 i の取扱貨物量を m_i とし、区分内の港の総数 N とする。取扱貨物量比 α_i で重み付けした出発地点から港間の平均輸送距離 $\bar{d}_b$ は

$$\bar{d}_b = \sum_{i=1}^N \alpha_i p_i \quad (2)$$

とする。ただし、 p_i は、ウェブの地図サービスで求めた出発地点から港 i までの距離である。なお、利用する港を明らかにできる場合は、その港までの輸送距離を使う。

輸送が、トラック輸送から鉄道輸送に引き継がれる場合、出発地点から貨物駅までの輸送距離を計算する。港と同様に、貨物駅は限られている。日本貨物鉄道株式会社が全国で運営する貨物駅は151である⁸⁾。筆者らが調べたところ、貨物駅の取扱貨物量は公表されていない。そのため、貨物駅への輸送距離は、出発地点から地域区分内にある複数の貨物駅への平均輸送距離とする。図4に出発地点から貨物駅への平均輸送距離の計算方法を示す。貨物駅への平均輸送距離 $\bar{d}_r$ は、

$$\bar{d}_r = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M s_i \quad (3)$$

である。ただし、 M は地域区分内にある貨物駅の数、 s_i はウェブの地図サービスで求めた出発地点から貨物駅 i までの距離である。なお、利用する貨物駅を明らかにできる場合は、その貨物駅までの輸送距離を使う。

図4 鉄道輸送において集荷貨物駅への輸送距離を計算する方法

船舶輸送

日本国内の港間の海上輸送距離は、海に面した都道府県の代表港間の距離とする。北海道を除く都道府県では代表港を一つにした。北海道は広いので、苫小牧港、小樽港、石狩新港、函館港、釧路港を北海道の代表港にした。海上保安庁が発行する距離表⁹⁾から51の港間の距離を求め、データベースにまとめた。到着港には、この都道府県の代表港を使う。外国と日本間の海上輸送距離は、国あるいは地域の代表港から東京港までの距離とする。この計算では、173の国と地域の代表港を決めた。そして、距離表⁹⁾から、その国あるいは地域の代表港から東京港までの距離を求め、それをデータベースにまとめた。

鉄道輸送

鉄道の貨物輸送距離は、日本貨物鉄道株式会社が運営する貨物駅間の距離とする⁸⁾。地域区分が「地方」や「都道府県」のように住所の精度を粗くした場合、その地域区分内には複数の貨物駅がある。精度調整した輸送距離計算法では、トラック輸送から、この複数の貨物駅に集荷され、鉄道輸送に引き継がれることにしている。そこで、鉄道輸送距離は、地域区分内にある複数の集荷貨物駅から到着貨物駅間の輸送距離の平均とする。到着貨物駅は、メーカーが収集したデータにある到着貨物駅を使う。図5に地域区分内にある貨物駅から到着貨物駅間の平均輸送距離の計算の概念を示す。

4. 性能評価

前節で提案した輸送距離の「精度調整計算法」を用いて、18品目の製品のCFPを計算し、本手法の有効性を検証する。検証に用いる製品を表3に示す。筆者がCFPを計算した130品⁴⁾の中から、原材料調達先の住所が詳細に判明しており、かつ、輸送時のCFPが広い範囲になるように、この18品を選んだ。

検証では、「地方」、「都道府県」階層で精度調整して計算したCFPと、市町村までの詳細な住所で計算したCFPを比較した。CFPの計算では、原材料の調達、原材料及び製品の輸送、工場での加工・生産の工程でCFPを計算した。そして、計算した全工程のCFP（製品総合CFP）と、原材料及び製品の輸送部分のみのCFP（輸送単体CFP）について、精度調整した住所で計算したCFPと詳細な住所で計算したCFPを比較した。なお、これ以降、精度調整した住所に基づいて計算したCFPを精度調整したCFPと表す。精度調整したCFPが詳細な住所で計算したCFPに近ければ、本手法は有効であると言える。

図5 鉄道輸送において集荷貨物駅から目的駅への輸送距離を計算する方法

表3 検証に使用した製品

商品名	メーカー名	製品重量 (g)	輸送時CFP (g-CO ₂)
北海道牛乳ソフト	タケダ製菓	90	0.4
コープ 白こんにゃく 250g	石狩食品工場	250	0.7
北海道産なたね油	エコERC	440	2.1
コシが強く汁に絡む 生ラーメン2食入	石狩食品工場	220	3.3
静岡県産 後味すっきり やぶきた緑茶	株式会社 土倉	200	4.7
ピカピカに拭取り除菌 トイレクリーナー	クリンテック	420	5.4
通気が良く目立ちにくい 肌色タイプの救急バン	阿蘇製菓	70	8.1
北海道産小麦冷凍うどん	テーブルマーク	600	13.5
コープ 1食ヤキソバ	石狩食品工場	160	13.7
コープ 油あげ5枚入	石狩食品工場	95	17.5
コープ 絹豆腐	石狩食品工場	340	21.3
コープ 茹そば カケ1食	石狩食品工場	180	21.6
香る焙煎ソフトなパン粉	横山食品	200	22
コープ かけうどん1食 180g	石狩食品工場	180	23.3
コープ ぎょうざの皮大判	石狩食品工場	200	27.3
サトウの北海道ごはん	佐藤食品工場	1000	31.7
北海道秋鮭フレーク	ハッピーフーズ	120	46.9

製品総合CFPを、住所の精度を調整した場合と詳細な住所で計算した場合で比較した結果を図6に示す。同図では、「地方」、「都道府県」のいずれに限定した階層でも、精度調整したCFPと詳細な住所で計算したCFPに大きな差は生じなかった。「地方」、「都道府県」のいずれの精度であっても製品全体のCFPの計算においては、本提案手法は現実的なCFPを算出している。これは、全工程のCFPに占める輸送時CFPの割合が10%程度であるため、輸送時のCFPの相違は製品総合CFPには大きく影響しないためである。

輸送単体CFPについて、住所の精度を調整した場合と詳細な住所に基づいて計算した場合の比較結果を図7に示す。同図では誤差の目安として、詳細な住所に基づいて計算した値からのずれが±10%の値を破線で示している。「地方」階層に精度を広げた計算では、18品中12品が、精度調整したCFPの値が詳細な住所で計算したCFPの値にほぼ一致していた。しかし、精度調整したCFPの値が詳細な住所で計算したCFPの値から大きくずれる場合も見られた。「都道府県」階層に精度を狭めた場合のCFPの値は、「地方」階層の計算結果とほぼ同じか、より詳細な住所で計算したCFPの値に近づいていた。

輸送範囲に応じて輸送距離を固定する計算方法による計算結果と、本論文で提案した「精度調整計算法」の計算結果の比較を図8と図9に示す。図8は「地方」階層で精度調整した場合であり、図9は「都道府県」階層で精度調整

図6 製品総合CFPの比較

図7 精度調整しない場合と精度調整した場合の輸送時CFPの比較

した場合である。輸送範囲に応じて輸送距離を固定する計算方法では、精製糖（第2版）⁵⁾のPCRで、一次データが取得できない場合に採用されている方法を使った。表1にその輸送範囲で固定された輸送距離を示した。

図8に示した「地方」階層で精度調整した場合、18品中9品で、輸送距離を固定し計算結果よりも、詳細な住所で計算したCFPに近い結果になった。図9に示した「都道府県」階層で精度調整した場合、18品中13品で、輸送距離を固定し計算結果よりも、詳細な住所で計算したCFPに近い結果になった。特に、「都道府県」階層では、18品中8品で、精度調整して計算したCFPが詳細な住所で計算したから±10%以内の差に収まっていた。一方、輸送距離を固定して計算したCFPは、18品中8品が詳細な住所で計算したCFPから±50%以上ずれていた。

図6～図9の比較検証により、本提案手法は、広くPCRで採用されている輸送範囲に応じて輸送距離を固定する計算方法より、同等か、より差が小さく、住所が詳細に分かれている場合のCFPに近い値を推定できる。

図8 精度調整を「地方」階層にした場合と輸送範囲で輸送距離を固定する手法で計算した場合の輸送時のCFPの比較

図9 精度調整を「都道府県」階層にした場合と輸送範囲で輸送距離を固定する手法で計算した場合の輸送時のCFPの比較

5. まとめ

本論文では、現在のCFP計算における輸送時のCFP算定について、輸送距離の推定に関わる問題を考察し、その問題を解消するための新たな計算手法として、輸送距離の「精度調整計算法」を提案した。本計算法は、輸送時のCFPの計算に現れる課題を解決するために考案した。現在公開されているPCRの多くでは、一次データを採取できない場合、輸送範囲に応じて輸送距離を固定して輸送時のCFPを算定している。この手法は、現実の輸送距離の近似として改善の余地があると、筆者らは考えた。また、筆者らがCFPを計算した時、企業秘密や多数の原材料調達先の問題のために、原材料の製造や輸送過程の詳細な住所を特定できない例が多かった。このような場合でも、輸送距離を推定できる手法が望まれていた。

「精度調整計算法」では、「住所階層の設定」と「推定輸送距離計算」の二つの処理を用いて、詳細な住所が決められない場合でも、条件によって住所の精度を調整し、輸送距離を算定した。「住所階層の設定」では、輸送距離を推定する際に使用する輸送・製造過程の住所の精度を、粗いレベルから精密なレベルの3層に階層化して表現した。階層化した住所の設定により、CFPの計算者が輸送・製造過程の詳細な住所を特定できない場合であっても、粗い精度の代表地点を輸送開始地点として、ウェブの地図情報サービスを用いて輸送距離の推定が可能となった。「推定輸送距離計算」は、地上の輸送開始地点から港湾・貨物駅までの輸送距離が不明な場合に使用する。住所の精度レベルの区分内で複数の代表となる港湾・貨物駅を設定し、輸送開始地点から各港湾・貨物駅までの輸送距離を取得し、重み付け平均あるいは単純平均を輸送距離とする。この「推定輸送距離計算」により、港湾・貨物駅使用時の輸送距離を計算できるようになった。

提案した輸送距離の「精度調整計算法」を用いて、18品目の製品のCFPを計算した。精度を制限して調整計算したCFPと、輸送範囲に応じて輸送距離を固定して計算したCFPを比較し、本手法の有効性を検証した。検証の結果、輸送時のCFPの比較において、「都道府県」レベルに精度を限定して調整計算したCFPは、輸送範囲に応じて輸送距離を固定した計算に比べ、18品目中13品目の製品で詳細な住所で計算したCFPにより近い値を算定できた。

謝辞

生活協同組合コープさっぽろの鈴木昭徳氏には、多くの食品メーカーに声をかけてCFPの一次データを収集していただいた。また、日本貨物鉄道株式会社には、貨物駅間の距離のデータベースを本研究に使うことを快く承諾していただいた。トラックの輸送距離の取得では、Google マッ

プを利用した。本取組は、JSPS科研費25340132の助成を受けた。記して各位に感謝する。

(平成27年8月11日受付、平成28年2月10日採択)

参考文献

- 1) 稲葉敦 (2009)：カーボンフットプリント LCA評価手法でつくる、製品別「CO₂排出量見える化」のしくみ, 工業調査会, 東京, 8-9
- 2) カーボンフットプリントコミュニケーションプログラム, 認定CFP-PCR一覧, カーボンフットプリントコミュニケーションプログラムホームページ, 入手先 <<http://www.cfp-japan.jp/calculate/authorize/pcr.php>>, (参照 2015-6-30)
- 3) 永野宏治, 吉田洋一, 小松均, 村上伸吾 (2013)：日本LCA学会誌, 9(4), 299-305
- 4) 永野宏治, 鈴木昭徳, 趙培江 (2015)：第10回日本LCA学会研究発表会 講演要旨集, 神戸, 198-199
- 5) カーボンフットプリントコミュニケーションプログラム, 認定CFP-PCR一覧 精製糖【第2版】, カーボンフットプリントコミュニケーションプログラムホームページ, 入手先 <http://www.cfp-japan.jp/common/pdf/_authorize/000160/pa-ch-02.pdf>, (参照 2015-6-30)
- 6) 環境省, 日本の温室効果ガス排出量の算定結果 2013年度(平成25年度)温室効果ガス排出量, 環境省ホームページ, 入手先 <<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/>>, (参照 2015-7-10)
- 7) 公益社団法人 日本港湾協会, 日本港湾協会港湾政策研究所港湾物流情報 港湾別貨物取扱データ, 公益社団法人日本港湾協会ホームページ, 入手先 <https://www.phaj.or.jp/distribution/_2015/128/index.html>, (参照 2015-7-14)
- 8) 日本貨物鉄道株式会社, エネルギー使用量・CO₂排出量計算シート, 日本貨物鉄道株式会社ホームページ, 入手先 <<http://www.jrfreight.co.jp/environment/calculate/index.php>>, (参照 2015-6-14)
- 9) 海上保安庁 (2011): 距離表, 日本水路協会, 東京