

Drone 配送による GHG の削減効果

Effect on GHG reduction by drone delivery

桜井慶太郎¹⁾

指導教員 稲葉敦¹⁾

1)工学院大学工学部 環境エネルギー化学科 環境マネジメント工学研究室

キーワード：ドローン・環境影響評価・宅配便市場・LCA・CO₂

1.研究背景

近年、通信販売市場の拡大に伴い宅配便市場が拡大し、労働力不足や労働環境の悪化、排ガスなどの問題が生じている。これらは利便性の高いサービス・電子商取引市場の拡大・ネット通販利用の拡大などによる宅配便取扱個数の増加が大きな要因となっている。

全産業に比べ道路貨物運送業の年齢層は 40 歳以上が 7 割を占めており、非常に高い数値になっている。図 1 に全作業と道路貨物運送業の労働者の年齢層を示す。

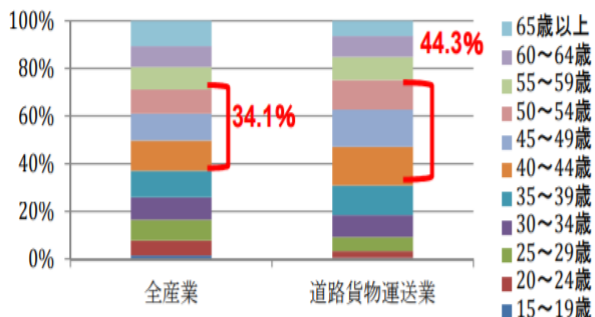


図 1：道路貨物運送業の年齢層¹⁾

宅配では単身赴任者や共働きが増えていることから再配達にかかる負担も増えている。再配達は宅配便配達走行距離のうちの 25%²⁾を占めており、これによる年間 CO₂ 排出量は約 41 万 8000t であることが明らかになっている²⁾。表 1 に再配達における CO₂ 排出量の総量を示す。

そこで本研究では、既存のトラック配送から、無人で配達ができ、かつガソリンや軽油の燃焼による直接的な温室効果ガス (GHGs) を排出しないドローン配送に置き換えることによる GHGs 排出量の削減効果を算定する。

表 1：再配達にかかる CO₂ の総量²⁾

$$\begin{aligned} & 35億7,008万個 \times 0.58km/個 \times 25\% \times 1t \times 808/1,000,000 t-CO_2/t-km \\ & \text{2014年度の宅配便取扱個数(トラック輸送)} \quad \text{宅配便1個に対する配達車の走行距離(※1)} \quad \text{走行距離の内25%が再配達のために使われている} \quad \text{積載量の平均を仮定して} \quad \text{営業用小型車のCO2排出原単位} \\ & \text{1年間の全ての宅配便配達車の総走行距離} \\ & \text{1年間で不在配達により発生した走行距離} = 418,271 t-CO_2 \text{ が年間で発生} \end{aligned}$$

2.研究手順

本研究は以下の手順で進めた。

- ①インターネットを用いてドローン配送に関する研究事例や技術、ラジコンとの違い、原理などの情報を収集した。
- ②トラックで配送する際に必要な CO₂ 排出量の計算式 (燃料法、燃費法、トンキロ法)、及びトラックの燃料別による二酸化炭素排出係数を調査した。
- ③配送システムは配送する住宅の距離、立地条件、再配達の有無などを考慮して決定した。
- ④ドローンを構成している部品やその重量を量るために 1 台を分解した。

3.結果

3.1 ドローンの調査結果

ドローン配送に関する研究事例や技術、ラジコンとの違い、原理等の情報調査した結果、ドローンはロボットの 1 種をさす言葉で遠隔操作 (肉眼で見ることができない範囲) または自律自動で動作する無人航空機全般の総称であった。したがって、ラジコンとの違いは大きく分けて遠隔操作、自律自動の有無によって分かれる。

ドローンを使用して荷物を配送する研究は日本以

外にも世界各地で IT 業界、物流業界を中心に研究事例がある。米 Amazon では 2.3kg の荷物を 4,8km 圏内に無人配送する研究は実験段階では既に成功していた。また DHL 社は山岳地帯で 8km 先に無人配送する研究が開始していた。

3.2 トラック配送の CO₂ 排出量計算式の調査結果

以下にトラックが排出する 3 種類の二酸化炭素排出計算方法を示す。

①【燃料法】

CO₂ 排出量(kg-co₂)=燃料使用量(L)×CO₂ 排出量係数 (kg-CO₂)

②【燃費法】

CO₂ 排出量(kg-co₂)=[輸送距離(km/L)/燃費(km/L)] × CO₂ 排出量係数 (kg-CO₂)

③【トンキロ法】

CO₂ 排出量(kg-co₂)=輸送重量(t)×輸送距離(km)×CO₂ 排出原単位(kg-CO₂/t/km)

またトラックの燃料はガソリンと軽油とし、二酸化炭素排出係数はガソリンが 2.32(kg- CO₂/L)、軽油を 2.62(kg- CO₂/L)とした。

3.3 配送システムの決定

今回は戸建て住宅に配送するため、都心などではなく、地方の千葉県君津市に決定した。君津市の中でも市内や山奥など 5 つを配送場所とした。

また既存のトラック配送に関しては宅配ボックスの設置はなく、再配達率 25%²⁾ とし、ドローン配送は全ての住宅に宅配ボックスを導入するため再配達は 0%とした。

3.4 ドローンの分解

今回使用したドローンは Holy Stone 社の HS300 を使用した。分解し構成部品リストを作成し、全ての部品の重量を測定した。表 2 に構成部品リストを示す。

4.今後の方針

今後は以下の手順で研究を進めていく。

①構成部品リストを基に環境負荷を算出する。この時、産業技術総合研究所が開発した IDEAVer.2 の環境負荷原単位を使用する。

表 2：構成部品リスト

	部品名	個数	重量(g)	合計重量(g)
プロペラ	プロペラ 固定 ナット	4	0.20	0.80
	プロペラ 固定 ビス	4	0.06	0.24
	プロペラ 固定 ブラ	4	0.52	2.08
	プロペラキャップ	4	0.60	2.40
	プロペラ	4	8.53	34.12
	プロペラガード	4	12.24	48.96
	プロペラガード(ねじ)	8	0.29	2.32
本体	フレーム(機体)・・・下部	1		
	フレーム(機体)・・・内部	1		
	フレーム(機体)・・・内部(ねじ)	4	64.88	64.88
	フレーム(機体)・・・バッテリーカバー	1		
	フレーム(機体)・・・ナット	4		
	フレーム(機体)・・・バッテリーカバー(ねじ)	2		
	フレーム(機体)・・・上部	1	72.23	72.23
	フレーム(機体)・・・モーターカバー	4	5.48	21.92
	機体 足	4	6.75	27.00
	機体 足(ねじ)	8	1.29	10.32
機体 (ねじ)	25	0.17	4.25	
内部基盤等	ESD (ねじ)	4	0.11	0.44
	主基盤 (ねじ)	4	0.06	0.24
	基盤 小 (ねじ)	2	0.11	0.22
	基盤 大 (ねじ)	2	0.17	0.34
	LEDプラスチックカバー	9	7.58	68.22
	ESC(Electronic Speed Controller)	4	49.05	49.05
	FGS(フライトコントローラー) 基盤	1		
モーター類	モーター (黒)	2	31.15	62.30
	モーター (青)	2	31.07	62.14
	モーター (白前車) 大	4	2.42	9.68
	モーター (ケース&鉄線)	4	6.72	26.88
	モーター (ねじ)	4	0.08	0.32
	カメラ	1	24.43	24.43
カメラ類	カメラ固定台(本体)1	1		
	カメラ固定台(本体)2	1	37.86	37.86
	カメラ固定台(本体)3	1		
	カメラ固定台(本体)4	1		
	カメラ固定台(本体) 金ねじ	1	2.16	2.16
	カメラ固定台(本体) 金ナット	1	0.76	0.76
	カメラ固定台(本体) 銀ねじ(小)	1	0.17	0.17
	カメラ固定台(本体) 銀ねじ(大)	1	0.25	0.25
	カメラ固定台(本体) ゴムパッキン	1	0.06	0.06
	カメラ固定台(機体)・・・(ねじ)	4	0.27	1.08
固定クッション(白)	4	1.06	4.24	
クッション 貫通栓	4	0.21	0.84	
クッション 貫通栓 留め具	4	0.07	0.28	
バッテリー	本体	1	107.1	107.1
	充電ケーブル	1	14.12	14.12
コントローラ	本体	1	252.96	252.96
	単二電池(FUJITSU)	4	22.81	91.24

②HS300 の推力を計算し、実際にどの程度の荷物を運べるか調査する。

③トラック配送とドローン配送を比較し、どの程度二酸化炭素排出量が違うか計算する。

本発表では、ドローン輸送の環境負荷算定方法とトラック輸送との比較結果を紹介する。

5. 参考文献

1) ドライバー不足などトラック業界の現状と課題について

https://www.tb.mlit.go.jp/chubu/jidosya/tekiseit_orihihi/img10/10shiryou1.pdf#search

2) 国土交通省 宅配の再配達による社会的損失の資産について

<http://www.mlit.go.jp/common/001102289.pdf>