

電気自動車の走行音は 商品の魅力を高めるか？

— 日本の自動車業界におけるガソリン自動車のエンジン音との比較検証 —

明治大学 商学部 専任講師

加藤 拓巳

本田技研工業株式会社 研究員

横手 龍次

要約

プロダクトサウンドは商品特性を感覚的に伝える有効な手段である。しかし、自動車業界では、長らく騒音削減という負の解消が議論の中心であった。その状況に、急速に変化が起きている。ガソリン自動車のエンジンから電気自動車 (electric vehicle, EV) のモーターへ転換し、静粛性が高まったことで、企業は魅力的な音の開発を進めている。しかし、EVにおける走行音の学術研究に目を向けると、静かさゆえに新たに生まれた問題である、歩行者の安全性の保護に限定されている。そこで、本研究では、ガソリン自動車と比較した、EVの走行音が商品の魅力に与える影響を明らかにした。テストコースで撮影・録音した映像と走行音を用いて、同条件の映像を制作し、オンライン調査環境でランダム化比較試験を実施した。その結果、ガソリン乗用車、ガソリンスポーツ車と比較して、魅力と購入意向ともにEVは最も高い評価となった。カイニ乗検定の結果、ガソリンスポーツ車と比較して、EVは商品魅力に有意な正の影響を与えた。この結果は、EVの走行音に関して、騒音削減や安全性保護より議論を先に進め、サウンドデザインによる価値創造の重要性を示している。

キーワード

感覚マーケティング、プロダクトサウンド、EV、Tesla、ランダム化比較試験

1. はじめに

五感に訴えかける感覚マーケティングは、消費者に効果的にアピールするための有望な手段としてますます重要になっている (Haase & Wiedmann, 2018)。ここでは、その手段の1つである音に着目する。自動車などの耐久消費財を中心とした商品開発では、商品から発する音 (以下、プロダクトサウンド) は、商品競争力の源泉である (Moravec, Ižariková, Liptai, Badida, & Badidová, 2018)。プロダクトサウンドは、結果的な音と意図的な音に分類される。前者は、消費者が商品を使用する際、可動部分等から生じてしまう音である。後者は、企業のマーケターや技術者が特定の目的を持って付与している音である (Sanz Segura & Manchado Pérez, 2018)。“コミュニケーションのエンジニア”と呼ばれるサウンドデザイナーは、商品コンセプトを効果的に伝えられるように、プロダクトサウンドに関連する設計を意思決定している (Dal Palù et al., 2018)。

自動車業界においても、プロダクトサウンドは商品選択

要因の1つである (Nor, Fouladi, Nahvi, & Ariffin, 2008)。最近では、ガソリン自動車のエンジンから電気自動車 (electric vehicle, EV) のモーターへ転換したことで、静粛性が高まり、生成する音の自由度が増している。例えば、PorscheやMazdaは、EV向けに人工的な走行音を開発し、商品力向上に取り組んでいる (Kubono, 2021)。しかし、プロダクトサウンドの学術的研究に目を向けると、課題の視点が異なる。長年にわたって議論されてきた課題は、騒音の削減である (Huang, Huang, Li, Lim, & Ding, 2016; Liu et al., 2015; Wang, Song, Wang, Wang, & Liu, 2022)。EVを対象とした場合は、静かさゆえに新たに生まれた問題である、歩行者の安全性の保護に集中している (Clendinning, 2018; Karaaslan et al., 2018; Lee, Lee, Shin, & Han, 2017; Poveda-Martínez et al., 2017; Streicher, Lange, Eisele, & Steffens, 2021; Van der Auweraer, 2012)。

つまり、産業界では走行音の重要な課題は商品コンセプト

や魅力の伝達といった価値創造に遷移している一方で、学術研究では騒音削減と安全性の議論に限定されている。そこで本研究は、このギャップを埋めることが目的である。日本の自動車市場を対象として、商品の魅力に対する効果をガソリン自動車のエンジン音とEVのモーター音の間で比較検証した。エンジン音としては、乗用車だけでなく、スポーツ車も取り上げた。検証方法は、オンライン調査環境におけるランダム化比較試験 (randomized controlled trial, RCT) を採用した。

EVのトピックに関する学術研究は、直近10年間で劇的な増加をしているが、マーケティング視点での研究は少ないと指摘されている (Kumar & Alok, 2020)。本研究は、これまで欠落していたEVの走行音の価値創造視点の知見を補い、騒音削減や安全性の担保より議論を先に進め、商品の特徴を伝達するサウンドデザインの重要性を示す。

II. 関連研究と仮説構築

プロダクトサウンドの学術研究において、長年にわたって騒音削減が中心の議題となってきた背景には、工業発展につれて広がった騒音公害の深刻さがある (Jiang & Li, 2018)。街中の騒音としては、約85%を自動車が占めている (Wang, Shen, & Xing, 2014)。利用者にとっても、車内騒音は不快感に大きく影響するため (Huang, Huang, Li, Lim, & Ding, 2016)、走行中の騒音削減は当該業界を対象とした研究の主要トピックとなった (Liu et al., 2015)。

しかし、その状況を大きく変える技術進化と社会変化が世界中で急速に進んでいる。それは静粛性に長けたEVへの転換である (Campello-Vicente, Peral-Orts, Campillo-Davo, & Velasco-Sanchez, 2017)。欧州委員会は、2035年までにガソリン車とディーゼル車の販売を禁止する意向を示した (Crowcroft & AFP, 2022)。New Yorkでも、2035年までにガソリン車の新商品を販売することを禁止する方針である (Froelich, 2021)。東京では、2030年までにガソリンのみを動力源とする新車の販売を禁止する目標を掲げている (Nagano, 2020)。2022年のEVの世界販売台数は1,000万台を超えると予想されており、これは全ての車両販売の約14%を占める (McKerracher,

2022)。この傾向は、今後ますます進展すると予測されている (Zhang & Chen, 2020)。

世界的なEVへの転換を受け、消費者の価値観も変化している。かつてはスポーツ車の大きな走行音が消費者を惹きつけていたが、現在はEVの静粛性が消費者の評価を集めている (Krebs, 2016)。さらに、消費者はEVを採用することで、環境に配慮したライフスタイル (Axsen, Cairns, Dusyk, & Goldberg, 2018; Peters, van der Werff, & Steg, 2018) や先進的技術を取り入れる革新性 (King, Burgess, & Harris, 2019; White & Sintov, 2017) などのアイデンティティを周囲に示している。したがって、以下の仮説を導出した。

- H1-1: ガソリン乗用車の走行音と比較し、EVの走行音の方が商品の魅力を高める
- H1-2: ガソリン乗用車の走行音と比較し、EVの走行音の方が商品の購入意向を高める
- H2-1: ガソリンスポーツ車の走行音と比較し、EVの走行音の方が商品の魅力を高める
- H2-2: ガソリンスポーツ車の走行音と比較し、EVの走行音の方が商品の購入意向を高める

III. 調査・検証方法

1. 映像制作

評価に用いた走行映像は、日本の自動車市場で約60%を占める主要な車型である軽とコンパクト (Jato, 2017) を対象として、Honda NBOX, Toyota PRIUS, Honda S660の3つを用いた。図1に示すとおり、条件を揃えるために、すべての自動車で同じテストコースを走行して撮影した。映像は各1分である。次に、走行音は、ガソリン乗用車としてHonda FIT, ガソリンスポーツ車としてFerrari F8 TRIBUTO, EVとしてTesla Model 3, 加えて走行音なしの4つを用意した。走行音なしを加えた理由は、音量の大きさの比較ではなく、あくまでEVの音の影響を評価するためである。上記4つの自動車について、同じテストコースを走行し、車内で走行音を録音した。以上より、自動車3種類×走行音4種類=12種類の映像を用意した。これによって、走行音の影響を平等に評価することが可能である。

2. 調査

音の評価は感覚的なため、複数の音を順位づけする方法は、信頼性が乏しいリスクがある (Moravec, Ižariková, Liptai, Badida, & Badidová, 2018)。そこで、因果効果を評価する信頼性の高い方法であるRCTを採用した。2022年2月25日から3月3日にかけてオンライン調査を日本で実施した。サンプルサイズは2,000人である。回答者条件は、(a) 20-60代、(b) 自動車保有、(c) 月1回以上の運転頻度、(d) 音を聞ける環境での回答、の4点である。

設問は、(1) 性別、(2) 年齢、(3) 自動車の保有、(4) 保有車型、(5) 運転頻度、(6) 音のテスト、(7) 映像の自動車の魅力、(8) 映像の自動車の購入意向、である。(1) - (6) はスクリーニングの用途で、上記 (a) - (d) の条件を満たさない人は、ここで調査を終了した。(d) の条件のために、(6) の設問では「これから動物の鳴き声を聞いて頂きます。使用している端末の音が聞こえるように設定してからご回答ください。」と注意を促した後、ネコの鳴き声の音声を提示した。選択肢に、ネコ、イヌ、ニワトリ、ウグイスを用意し、正しく回答した参加者を抽出した。表1に示すとおり、2,000人を回収するまでに、3,338人の調査参加者を必要とした。表2

に示すとおり、(6) の後、条件を満たした参加者には用意した12種類の映像のうち、ランダムに選択された1つの映像を被験者に提示した。(7) - (8) は仮説検証の用途として、7段階尺度 (例 1: まったく魅力がない, 7: 非常に魅力がある) を用いた。なお、回答に用いた端末の種類は、調査システムの機能によって自動で取得した。

3. 検証

4つの走行音グループと7段階の変数 (魅力と購入意向) のマトリクスにカイ二乗検定を適用した。自由度18、有意水準5%、効果量小 (0.1)、検定力0.8と設定した検定力分析によって (Cohen, 1992)、サンプルサイズは2,013,876人と算出した。よって、上述のとおり、本研究では2,000人に設定した。有意差が検出された場合、多重比較によって差異の発生箇所を特定した。分析環境は、統計解析ソフトのRである。

図—1 提示映像



表—1 RCTスクリーニングの結果

項目	人数
調査の参加人数	3,338
自動車の保有者数	2,211
月に1回以上の運転頻度の人数	2,105
音のテストで正しく回答した人数	2,000

表—2 各グループの提示映像の内訳

		映像の自動車			計	
		NBOX	PRIUS	S660		
走行音	Group 1	ガソリン乗用車	163	170	171	504
	Group 2	ガソリンスポーツ車	179	166	180	525
	Group 3	EV	168	150	150	468
	Group 4	なし	158	178	167	503
		計	668	664	668	2,000

IV. 結果と考察

1. 検証結果

RCTを高い精度で実施するためには、各グループの均質性が重要である。表3に示すとおり、性別、年齢、自動車の利用状況について、顕著な偏りは存在しないことが確認できる。表4に示すとおり、魅力の平均値はGroup 3のEVが最も高い評価を得ている。それに次いで、Group 4の走行音なし、Group 1のガソリン乗用車が概ね同じ評価となり、Group 2のガソリンスポーツ車が最も低い評価となっている。カイ二乗検定の結果、 p 値=0.006となり、5%水準で有意差が検出された。表5に示すとおり、Bonferroni法による p 値補正を採用した多重比較の結果、Group 2 – Group 3、Group 2 – Group 4にて有意差が検出された。したがって、H1-1は不支持となり、H2-1は支持された。同様に、表6に示すとおり、購入意向においても、Group 3のEVが最も高い評価を得て、それ以降の序列も魅力と同じ結果である。ただし、有意差は検出されず、H1-2、H2-2は不支持となった。

2. 実務的示唆と今後の研究課題

本研究の結果は、主に2つの示唆を提供する。1つ目は、現在の消費者には、ガソリン車よりもEVに魅力を感じる傾向を認識すべきである。特に、スポーツ車の走行音に対しては否定的な印象を有する傾向が見られる。この理由としては、Teslaを中心とする革新的な商品の影響から、消費者の価値観に変化が起きていることが想定される。消費者は、Teslaが中心となって牽引してきたEVというカテゴリーと電化された未来に対し、美しく、カッコいい印象を有している (Gavett, 2020; Swart, Bekker, & Bienert, 2018)。

現在EVの走行音を開発している企業は、EVでありながら、スポーツ車のような迫力の走行音を具現化しているが (Kubono, 2021)、消費者視点では目指す方向性が異なる可能性がある。

2つ目は、単純に静粛性を追求すると、プロダクトサウンドという資産を失うリスクを認識すべきである。確かに、健康被害が生じるほどの騒音が発生していた時代では、騒音削減が優先課題であった。しかし、その状況が緩和されたにもかかわらず、静粛性に固執してしまえば、消費者の価値認識と乖離が生じてしまう。したがって、感性的な体験の提供や商品コンセプトの訴求の手段として、音の活用を検討することが重要である。

ただし、本研究には3つの限界がある。1つ目は、ガソリン乗用車、ガソリンスポーツ車、EVのいずれも扱った走行音は1つに過ぎないことである。結論の一般化のためには、各走行音を増やす必要がある。2つ目は、対象の商品が軽とコンパクトの車型に限定されていることである。自動車は、車型によって求められる商品特徴が変化する。上記の2車型では、主に経済性が重視されやすい (Kato, 2021)。よって、今後は走行性が重視されやすいSUV等、他の車型への拡張が求められる。3つ目は、オンライン調査環境のため、動画の視聴環境が調査回答者に委ねられていることである。そのため、音のテストでネコの鳴き声を判別できる音量ではあるものの、車の走行音を聞くには不十分な状況が一定数発生している懸念がある。RCTを採用したため、適切な音量で動画を視聴できなかった回答者は、各グループで同程度の確率で発生していると想定される。しかし、より精緻な調査を行うためには、環境を整備可能な会場調査を実施すべきである。これらは、今後の研究課題である。

表—3 各グループの属性分布

項目	内訳	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	計	割合
性別	男性	288	302	274	289	1,153	57.7%
	女性	216	223	194	214	847	42.4%
年齢	20代	82	84	68	82	316	15.8%
	30代	90	99	96	90	375	18.8%
	40代	95	116	97	110	418	20.9%
	50代	114	114	98	114	440	22.0%
	60代	123	112	109	107	451	22.6%
保有車型	軽	178	199	160	166	703	35.2%
	コンパクト	103	100	109	109	421	21.1%
	ミニバン	107	118	91	110	426	21.3%
	SUV	52	42	41	54	189	9.4%
	セダン	64	66	67	64	261	13.1%
運転頻度	月に1回以上	44	36	36	45	161	8.1%
	週に1回	65	70	66	87	288	14.4%
	週に2-3回	87	95	80	86	348	17.4%
	週に4-6回	126	107	114	93	440	22.0%
回答端末	毎日	182	217	172	192	763	38.2%
	PC	229	227	198	227	880	44.0%
	スマートフォン	275	298	270	276	1,120	56.0%

表—4 魅力に対するカイニ乗検定の結果

グループ	魅力							合計	平均値	p 値
	1	2	3	4	5	6	7			
Group 1	71	84	41	161	85	45	17	504	3.611	0.006**
Group 2	95	93	39	175	75	31	17	525	3.387	
Group 3	62	59	31	168	88	48	12	468	3.754	
Group 4	76	55	47	178	104	35	8	503	3.628	

注：***p<0.001; **p<0.01; *p<0.05

表—5 魅力に対するカイニ乗検定による多重比較の結果 (Bonferroni 法による補正)

	Group 1	Group 2	Group 3
Group 2	1.000		
Group 3	1.000	0.038*	
Group 4	0.186	0.014*	1.000

注：***p<0.001; **p<0.01; *p<0.05

表—6 購入意向に対するカイ二乗検定の結果

グループ	購入意向							合計	平均値	p 値
	1	2	3	4	5	6	7			
Group 1	137	76	39	165	56	21	10	504	3.060	0.650
Group 2	143	93	42	158	59	21	9	525	2.992	
Group 3	100	76	45	155	60	25	7	468	3.218	
Group 4	125	83	39	170	65	12	9	503	3.078	

V. おわりに

EVの走行音に関する研究は、これまで騒音削減と歩行者の安全性が中心課題であり、魅力の議論が欠如していた。本研究は、ガソリン車とEVの走行音の効果をRCTによって検証した。その結果、ガソリン乗用車、ガソリンスポーツ車と比較して、魅力と購入意向ともにEVは最も高い評価となった。カイ二乗検定の結果では、ガソリンスポーツ車と比較して、EVは商品魅力に有意な正の影響を与えた。自動車には、企業・商品ブランドやデザイン、燃費性能、安全性能など多様な特徴が考慮される中、研究目的が走行音であることを開示しない環境下で、魅力に対する効果を確認したことは有益である。自動車は、単に移動というタスクを実行するだけでは不十分であり、感性的な経験を提供することが求められる。技術的視点だけでなく、価値の視点でEVの音の研究が発展していくことが望まれる。

謝辞

本研究の成果の一部は、第一著者が埼玉大学に在籍していた頃に取り組んだものであり、その際当該大学には多くのご支援を頂いた。心より御礼を申し上げます。

引用文献

Axsen, J., Cairns, J., Dusy, N., & Goldberg, S. (2018). What drives the Pioneers? Applying lifestyle theory to early electric vehicle buyers in Canada. *Energy Research & Social Science*, 44, 17-30.

Campello-Vicente, H., Peral-Orts, R., Campillo-Davo, N., & Velasco-Sanchez, E. (2017). The effect of electric vehicles on urban noise maps. *Applied Acoustics*, 116, 59-64. doi:

/10.1016/j.apacoust.2016.09.018

Clendinning, E. A. (2018). Driving future sounds: imagination, identity and safety in electric vehicle noise design. *Sound Studies*, 4(1), 61-76. doi: /10.1080/20551940.2018.1467664

Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112(1), 155-159.

Crowcroft, O. & AFP. (2022). Electric car sales accelerate as Europe turns away from diesel. *Euronews*, February 2, <https://www.euronews.com/2022/02/02/electric-car-sales-accelerate-as-europe-turns-away-from-diesel> (June 1, 2022)

Dal Palù, D., Lerma, B., Grosso, L. A., Shtrepi, L., Gasparini, M., De Giorgi, C., & Astolfi, A. (2018). Sensory evaluation of the sound of rolling office chairs: An exploratory study for sound design. *Applied Acoustics*, 130, 195-203. doi: /10.1016/j.apacoust.2017.09.027

Froelich, P. (2021). NY state to ban the sale of new gas-powered cars and trucks by 2035. *New York Post*, September 11, <https://nypost.com/2021/09/11/ny-state-to-ban-the-sale-of-new-gas-cars-and-trucks-by-2035/> (June 1, 2022)

Gavett, G. (2020). What do people really believe about climate change?. *Harvard Business Review*, January 27, <https://hbr.org/2020/01/what-do-people-really-believe-about-climate-change> (June 1, 2022)

Haase, J., & Wiedmann, K. P. (2018). The sensory perception item set (SPI): An exploratory effort to develop a holistic scale for sensory marketing. *Psychology & Marketing*, 35(10), 727-739. doi: /10.1002/mar.21130

Huang, H. B., Huang, X. R., Li, R. X., Lim, T. C., & Ding, W. P. (2016). Sound quality prediction of vehicle interior noise using deep belief networks. *Applied Acoustics*, 113, 149-161. doi: /10.1016/j.apacoust.2016.06.021

- Jato. (2017). Jato volumes. Jato, <https://www.jato.com/japan/solutions/jato-volumes/>
- Jiang, J., & Li, Y. (2018). Review of active noise control techniques with emphasis on sound quality enhancement. *Applied Acoustics*, 136, 139-148. doi: /10.1016/j.apacoust.2018.02.021
- Karaaslan, E., Noori, M., Lee, J., Wang, L., Tatari, O., & Abdel-Aty, M. (2018). Modeling the effect of electric vehicle adoption on pedestrian traffic safety: An agent-based approach. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 93, 198-210. doi: /10.1016/j.trc.2018.05.026
- Kato, T. (2021). Verification of the compromise effect's suitability based on product features of automobiles. Intelligent Decision Technologies. Smart Innovation, Systems and Technologies, 238, 127-137. doi: 10.1007/978-981-16-2765-1_10
- King, N., Burgess, M., & Harris, M. (2019). Electric vehicle drivers use better strategies to counter stereotype threat linked to pro-technology than to pro-environmental identities. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 60, 440-452. doi: /10.1016/j.trf.2018.10.031
- Krebs, S. (2016). Silent by design? Tesla's Model S and the discourse on electric vehicle sound: Tesla Motors Germany, Model S 85D (2015). *Sound Studies*, 2(1), 93-95. doi: /10.1080/20551940.2016.1154406
- Kubono, K. (2021). EV Kyoso Oto no jinn. *Nikkei XTech*, February 17, <https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/00138/021500731/> (June 1, 2022)
- Kumar, R. R., & Alok, K. (2020). Adoption of electric vehicle: A literature review and prospects for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 253, 119911. doi: /10.1016/j.jclepro.2019.119911
- Lee, S. K., Lee, S. M., Shin, T., & Han, M. (2017). Objective evaluation of the sound quality of the warning sound of electric vehicles with a consideration of the masking effect: Annoyance and detectability. *International Journal of Automotive Technology*, 18(4), 699-705. doi: /10.1007/s12239-017-0069-6
- Liu, H., Zhang, J., Guo, P., Bi, F., Yu, H., & Ni, G. (2015). Sound quality prediction for engine-radiated noise. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 56, 277-287. doi: /10.1016/j.ymssp.2014.10.005
- McKerracher, C. (2022). Tesla's Model Y Seen Climbing Sales Ranks as Evs Head for 10 Million Mark. *Bloomberg*, January 25, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-01-25/electric-car-sales-could-hit-10-million-globally-in-2022> (June 1, 2022)
- Moravec, M., Ižariková, G., Liptai, P., Badida, M., & Badidová, A. (2018). Development of psychoacoustic model based on the correlation of the subjective and objective sound quality assessment of automatic washing machines. *Applied Acoustics*, 140, 178-182. doi: /10.1016/j.apacoust.2018.05.025
- Nagano, Y. (2020). Tokyo aiming to ban sales of new gas-fueled cars by 2030. *Asahi*, December 9, <https://www.asahi.com/ajw/articles/14003626> (June 1, 2022)
- Nor, M. J. M., Fouladi, M. H., Nahvi, H., & Ariffin, A. K. (2008). Index for vehicle acoustical comfort inside a passenger car. *Applied Acoustics*, 69(4), 343-353. doi: /10.1016/j.apacoust.2006.11.001
- Peters, A. M., van der Werff, E., & Steg, L. (2018). Beyond purchasing: Electric vehicle adoption motivation and consistent sustainable energy behaviour in The Netherlands. *Energy Research & Social Science*, 39, 234-247. doi: 10.1016/j.erss.2017.10.008
- Poveda-Martínez, P., Peral-Orts, R., Campillo-Davo, N., Nescolarde-Selva, J., Lloret-Climent, M., & Ramis-Soriano, J. (2017). Study of the effectiveness of electric vehicle warning sounds depending on the urban environment. *Applied Acoustics*, 116, 317-328. doi: /10.1016/j.apacoust.2016.10.003
- Sanz Segura, R., & Manchado Pérez, E. (2018). Product sound design as a valuable tool in the product development process. *Ergonomics in Design*, 26(4), 20-24. doi: /10.1177/1064804618772997
- Streicher, B., Lange, S., Eisele, G., & Steffens, C. (2021). Efficient methods for active sound design. *ATZ Worldwide*, 123(1), 56-59. doi: /10.1007/s38311-020-0600-7
- Swart, D. J., Bekker, A., & Bienert, J. (2018). The subjective dimensions of sound quality of standard production electric vehicles. *Applied Acoustics*, 129, 354-364. doi: /10.1016/j.apacoust.2017.08.012

- Van der Auweraer, H. (2012). Exterior Sound Design for Increased Electric Vehicle Safety. *ATZ worldwide eMagazine*, 114(1), 10-15. doi: /10.1365/s38311-012-0131-y
- Wang, X. L., Song, Y. C., Wang, T. Z., Wang, Y. S., & Liu, N. N. (2022). Hybrid vibro-acoustic active control method for vehicle interior sound quality under high-speed. *Applied Acoustics*, 186, 108419. doi: /10.1016/j.apacoust.2021.108419
- Wang, Y. S., Shen, G. Q., & Xing, Y. F. (2014). A sound quality model for objective synthesis evaluation of vehicle interior noise based on artificial neural network. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 45(1), 255-266. doi: /10.1016/j.ymsp.2013.11.001
- White, L. V. & Sintov, N. D. (2017). You are what you drive: Environmentalist and social innovator symbolism drives electric vehicle adoption intentions. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 99, 94-113. doi: 10.1016/j.tra.2017.03.008
- Zhang, T. Z., & Chen, T. D. (2020). Smart charging management for shared autonomous electric vehicle fleets: A Puget Sound case study. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 78, 102184. doi: /10.1016/j.trd.2019.11.013