

## シリコンバレーからの新・電力網への提言：

テスラが実現済みの蓄電池、EV、ソーラー発電、

Virtual Power Plant 垂直統合の分散化型電力網ドミナント・デザイン

櫛田健児

東京財団主席研究員、

カーネギー国際平和財団シニアフェロー

### 提言：

日本は東京都の新築一戸建てソーラーパネル設置義務化の条例採決を機に、本格的な家庭用蓄電池、業務用蓄電池や仮想発電所（Virtual Power Plant）を活用した柔軟なマイクログリッドも活用した電力網の構築を本気で進めるべきである。同時に、EV（Electric Vehicle）充電網の充実を促す取組みもこの柔軟でマイクログリッドを活用した新たな電力網構築の一環として行うべきである。

### 背景：

2022年の夏に首都圏が経験したような電力不足は今後の原発の再稼働で解消される可能性が高い。しかし、旧来の送電網には様々な課題が残り、電力ユーザーである国民から見ると新しいマイクログリッド網の方が数多くのペインポイント（課題、不安）を取り除くことができる。家庭や店舗、ビル単位の小規模な蓄電を含んだフレキシブルな電力網の方が災害や震災に強く、再生エネルギーの効率活用にもつながり、EV普及を加速させることが可能で、日本の国際競争力にも影響する。

日本の外から見ると、日本はインフラ構築が強みの一つであり、技術や取り組みの方向性が定まっている場合の「追いつけ、追い越せ」の姿勢は、歴史的な鉄道網構築や20年前のブロードバンドインフラと市場の急速な普及などの例をとっても政府と産業界の強みに見える。逆にいうと、前例がなく、方向性もまだ定まっていない技術や産業の方向性を定めることを日本は得意としていない。幸い、再生可能エネルギー発電、蓄電池、EV充電網などを統合してマイクログリッドを実用化している前例はシリコンバレーを中心としてテスラ社（以下、テスラ）が進めていて、アメリカやオーストラリア、カナダなど、色々なところで既に実装されている。

日本はパンデミックで鎖国状態となって人々の往来が激減した影響もあり、諸外国の状況が伝わりにくくなっている。これは日本にいとあまり実感がないが、2年越しにシリコンバレーを訪問する人の多くがテスラ車の浸透率と充電網の充実に驚いたり、ロンドンのタクシーの3分の2以上がEVになっていることに驚愕したりするように、実は日本には伝わっていない状況や現状が多い。

テスラは主にEVメーカーとして知られており、イーロン・マスクの活動や株価にメディアが注目しがちで、同社はPR部門を数年前に廃止しているため、テスラの実際の動向についての情報は断片的にしか伝えられていない。しかも、テスラが既に実用化しているエネルギー周りの製品やサービスの多くは日本では展開していないため、尚更日本に伝わっていない。しかし、テスラは既にエネルギー周りの新しい「ドミナント・デザイン」<sup>1</sup>を構築しており、アメリカでは他社もテスラが示した道を追って様々な製品やサービスに取り組んでいるため、日本が参考にするべきである構想を今、日本に伝えることは急務である。

本レポートのPart 1ではシリコンバレーから見た日本の強みとグローバル競争における課題、そしてイノベーションなどの新しい物事を理解するために役立つ思考フレームワークを紹介する。Part 2ではテスラが示している新しいドミナント・デザインの詳細を紹介する。

再生エネルギーと蓄電池を活用した新たなマイクログリッドの構想はユーザー（国民、在住者）にとって様々なペインポイントの解決法を提供できる。しかし、新しい取り組みに対して多方面からできない理由を主張する声も多い。そこで、それぞれのユーザーのペインポイント解消を、政府や政治リーダーが大きなカテゴリーを用いて論じることが多い原則に上乗せした形にすると、既存の切り口に乗りやすい。

図表1：電力ユーザーのペインポイント例と、それぞれが関係する政治と政策の原則

電力ユーザーのペインポイント例	原則
震災などの災害時の停電	人命、防災、安心、生産性、過疎化
吹雪や積雪が引き起こす停電	人命、防災、安心、生産性、過疎化

<sup>1</sup> Part 2で紹介する通り、ドミナント・デザインとはある技術がどのように使用されるかが不特定多数の企業や社会一般に共有されていて、方向性に対しての認識がある程度共通されているもの。

猛暑の電力供給不足	人命、防災、安心、生産性、過疎化
再生エネルギーの効率活用	カーボン・ニュートラル
テロが起きた場合の電力網の安定	国防、安全
平常時の過疎地域へのガソリンや燃料供給	安心、カーボン・ニュートラル、生産性、過疎化

これらのペインポイントに対して、テスラが示した新しい電力グリッド周りのドミナント・デザイン（既に実装され、日本が目指すべき方向性）の姿がある。下記の項目である。（より詳細を述べる Part 2 の冒頭にも同じものを載せている）

図表 2：テスラが示している新しい電力網、エネルギー周りのドミナント・デザイン

1. ソーラーパネルと蓄電池をセットで導入
2. 家庭用蓄電池はハイパフォーマンスで機能性とデザイン製の両方を重視、モジュラー設計
3. ソーラー発電の瓦：Solar Roof で Building-Integrated Photovoltaics (BIPV)
4. 住宅のソーラーパネルと蓄電池はアプリで常時状態確認、制御
5. リアル天候予想データとの連動で作動、ビッグデータも採取
6. 自宅エネルギーシステムと EV の連動、アプリで一元管理
7. 地域の蓄電池を Virtual Power Plant（仮想発電所）として運営
8. 集合住宅には業務用蓄電池で非常用電源
9. EV 充電インフラには業務用蓄電池
10. 発電所には大型モジュラー蓄電池、ソフトウェアで管理
11. テスラが示す EV 高速充電網の新しいドミナント・デザイン
12. EV 充電による電力グリッドの需要のピークをシフト

## Part 1: シリコンバレー から日本でイノベーションを考える上での コンセプト・フレームワーク集

Part 1 ではシリコンバレーから見た日本の強み、国際競争力における課題、そしていくつかのイノベーションに役立つであろうシリコンバレーで浸透している考え方を紹介する。

### 1. シリコンバレーから見た日本のインフラ構築の強み、エネルギー周りの不思議と、国内の方向性が国際競争力を弱める力学

シリコンバレーから日本を見ると、日本はインフラ作りに長けているというイメージがある。首都圏の電車や地下鉄の交通インフラや新幹線は、アメリカや他の先進国とは比べ物にならないほど複雑でありながら時間に正確で、極めて事故が少なく、車両更新もどんどん行われて電力消費も効率化が進んでいることが多いに尊敬されている。ここ20年で東京の再開発も進み、都心の丸の内や六本木、虎ノ門や品川などが大幅に姿を変え、2011年の東日本大震災でも首都圏への物理的ダメージは地震の規模に比べて非常に少なかった。

同時に、シリコンバレーでは Climate Tech（環境技術）などの分野に注目が集まり、テスラ車を始めとするEVと太陽光発電のプレゼンスが急増している。この地域の視点から日本のエネルギー周りの状況を見ると、日本国内ではあまり議論されていない課題と国際競争力のポテンシャルが見えてくる。

まずは2011年の福島原発事故以降の日本の化石燃料への依存度の高さと、再生エネルギーへの消極的なスタンスが不思議に思われている。また、「エコ」や「サステナブル」というキーワードで省エネに取り組む日本国内の動向や、環境意識の高そうな日本の一般社会、そして電力不足時にはこぞって節電を行う日本社会を知る人にはなおさらこのエネルギー源との矛盾が不思議がられる。また、原発を再稼働する動きに伴って電力不足が解消されようとしている現状でも、EV化への動きを加速する兆しが見えないことから、世界の大きな脱炭素へのエネルギー周りのシフトに日本は出遅れるとも思われている。日本国内だけが欧州やアメリカ、そして中国とは異なる方向に動い

ていくと、日本企業は国際競争力の先端から脱落し、結局は国内全体が遅れるというシナリオの可能性が強まっている。例えば、再生エネルギー関連の Patent 数では日本企業がソーラーではトップで、風力発電関係も トップに近いが、世界のソーラーと風力発電の市場シェアでの日本企業のプレゼンスは ほとんど無い。

つまり、シリコンバレーから見ると、日本はインフラの強みがあるが、世界と異なる産業の方向に進んでしまうと、国際競争力の先端からはさらに離脱してしまうという危険性が見える。

そこで日本が課題としては先行していて、世界の先進諸国が後追いつるのが必然な分野に、シリコンバレーからはチャンスが見える領域がある。それは日本が世界に先駆けて経験している超高齢化、過疎化と人口減少である。経済成長への大きな課題に直面するのは間違いない。しかし、同時に社会の深い分断が他の先進国や隣国に比べて低いいため、解決策への様々な技術や仕組みへの投資と導入を通して、人々の暮らしを良くしようということに焦点を当てられることはチャンスにも映る。日本国内で作り出せる仕組みは、似たような課題を抱える他国にも活用できる可能性があり、日本企業がそういう仕組みづくりに消極的な場合は、他の多国籍企業やスタートアップが日本を活用して、日本での学びを自ら世界に広めるという見解である。日本での課題解決は世界の課題解決へのチャンスとなるという見解である。

もちろん、ここで述べる視野はシリコンバレーから見た日本の全ての側面を網羅しているわけではないが、外から見ると日本は「インフラが作れる」国であるが、「エコを気にするけれど再生エネルギーに弱腰」という不思議なスタンスでありながら、「日本国内の課題解決は国際的にチャンス」という側面がある。

## 2. シリコンバレー流、ユーザーのペインポイントからみた電力網の不安と危険：災害時の停電生活

ここで後ほど詳細を紹介するシリコンバレーからの考え方である「ユーザーの困りごと、課題に寄り添ってユーザー視点から解決する」という「ユーザーファースト」の視座を用いる。ユーザーファーストの視座で日本のエネルギー周りの課題を見ると、新たな国際競争力のポテンシャルへの種が見える。それは日本で起こる度重なる自然災害による電力網の課題と、復旧や復興における政治的な分断がアメリカなどに比べて浅いという点である。国単位のエネルギー供給源（化石燃料、再生エネルギー、原発）とは別の議論である。

日本はもともと、電力の安定供給を前提にした生活の設計となっている。しかし、東日本大震災や近年の台風や集中豪雨、吹雪や記録的な豪雪などで浮かび上がる課題は、電力供給のキャパシティーの話ではなく、送電インフラの課題である。

ここ十数年だけで、複数の深刻な災害に見舞われた日本では、被災者や長引く停電に苦勞する人たちの姿が鮮明にメディアで伝えられ、多くの人の記憶に新しい。2011年の東日本大震災では大地震による送電線の崩壊により、何日間も電力が復旧できない被災地では寒さが続き、孤立した地域などで苦勞した人たちや、津波の被害に遭った人、原発事故で避難を余儀なくされた人々を苦しめた。

2022年の夏の猛暑で東京電力が電力供給不足に陥り、電力需給ひっ迫警報や注意報が発令され、冷房を消して熱中症にかかるお年寄りなどがニュースで取り上げられた。政府は節電を呼びかけると同時に、冷房などは使うように促すという苦しい立場に置かれた。計画停電を余儀なくされそうになり、病院などの施設は非常用電源が準備されたり、自宅で医療器具用に電源が必要な人たちの安否を心配したりする報道もあった。

また、2022年の12月に起きた記録的な吹雪や豪雪では長野県や新潟県で送電線が切れ、停電が何日間も続いた家庭では、寒さに耐えながら生活している人々の姿を、様々な報道番組が伝えた。車内で暖房をつけて暖まろうとした人が数人亡くなった。立ち往生中に自動車のマフラーが雪に埋もれたり、自宅の車庫内の通気性が足りずに一酸化炭素中毒になったりした人たちである。

過疎地域では、土砂崩れなどによる災害で道路が流され、一時孤立する場所も毎年、台風などが日本列島を直撃するときには伝えられるが、電力網も流されると孤立した人たちは電気も使えなくなり、困っているところもニュースに取り上げられる。

これらは電力ユーザーという観点で国民や在住者の生活を考えると、不安要素であり、ペインポイントである。これらのペインポイントは、様々なレベルで大きな政治テーマにつながる。人命を守るための防災、「安心できる暮らし」の提供を約束する地元や国の政治リーダーの責任、過疎化がもたらす課題などである。これからの課題解決法を、大きなテーマの枠組みで議論できれば前に進む推進力を得やすいはずである。

こういった災害や停電から人々の生活を守る対策として、日本は多くの先進国や、特にアメリカに比べて社会の分断が深くないことは課題解決のためのインフラ整備を進める上では強みである。災害や震災で困っている一部の人々を助けるために国が動いたり、世界的にも珍しい日本の復興税のような社会的なサポートの取り組みに対して反発があまり起きないのは日本の大きな特徴と言える。例えば社会の様々な分断が深いアメリカでは、度々ハリケーンや洪水などに見舞われた地域を、国単位で補助しようとする

る。すると「そもそもそこに住んでいる人が悪い」、「別の州の人々をなぜ我々が税金で助けなくてはいけないのか」、あるいは「自分の身は自分で守るのが鉄則で、社会主義国家ではないので助けるとするのは民主主義国家としてやるべきではない」という議論が議会で起こることがある。民主党政権の時には共和党が災害予算承認への反対票を出したり、自分たちの州の住民がなぜ他州の援助を行わなくてはいけないのか、など大声で文句を言って有権者にアピールすることもある。日本ではなかなか考えられない分断なので、逆に日本では他県の震災や災害被害者への思いやりが政治経済的なチャンスに映る。

## 2.1 日本に伝わっていないテスラの電力ドミナント・デザイン

これらのペインポイントの解決法は、家庭用蓄電池、業務用大型蓄電池、仮想発電所（Virtual Power Plant）、そしてソーラーパネルを用いた分散型電力網の姿にある。これらは、日本にはあまり伝わっていないが、実はすでにアメリカやオーストラリアで実用化が進んでいる。これらの実用化は、日本ではEVの会社として伝えられることが多いテスラによるものである。テスラはEVのパフォーマンスや、自前で設置した世界に4万台以上の高速充電網だけではなく、複数の蓄電、発電、仮想発電所（VPP）や発電所向けソフトウェアなども展開していて、複数の自治体政府や電力事業社と組んで実用化している。

テスラが実用化している電力周りのプロダクトとサービスは、新しいドミナント・デザインを確立していて、日本が向かうべき方向性を明確に表している。ドミナント・デザインとは、複数のアクターが技術やインフラ、サービスの方向性を共通認識として持つことである。テスラが確立した電力網周りのドミナント・デザインは、テスラ自身が世界に広めるということが主たるインパクトではなく、テスラが示した方向性を他の様々なアクターがベストと考えて辿ることである。

テスラが示した電力網周りのドミナント・デザインに、様々な大国の政府や企業が追尾して活動している現状に気付かず、一定程度を自国に取り入れたり、国際展開を目指す動きがなければ、日本は世界に遅れる可能性があるばかりか、日本の強みであるはずの電車のようなインフラ連動型のサービスや環境技術が世界には通用せず、周回遅れとなる危険性がある。

新しいドミナント・デザインは現状の部分最適化を進めていくだけではたどり着けない。むしろ部分最適化しかできないとディスラプトされる可能性が高まる。

エネルギー産業は国内向けの側面が強いが、自動車産業、保険業は海外市場が重要なので、日本国内が独自の方向に進むとガラパゴス状態になって、ディスラプトされる危険性がある。

### 3. シリコンバレー流：「ユーザーファースト」の考え方でペインポイント解消

シリコンバレーでの価値の作り方には、徹底的にユーザーの視点で物事を考えて、感情を含めて共感する「ユーザーファースト」の考え方がある。これは「デザイン思考」を展開する、スタンフォード大学のデザインスクールが中心となっているが、もはやシリコンバレーの「OS」（オペレーティングシステム）と言えるほどの位置付けで浸透している。ユーザーがどんなペインポイントを抱えていて、どうすればそれを解決できるのか、ということを中心に何度もコンセプトを修正しながら、プロトタイプをユーザーのフィードバックを得ながら[進めて行く](#)。

制度設計を行う中央省庁や大企業は、ユーザーのペインポイントを中心とした考え方になりにくい。制度の場合、構想の説明図の真ん中には制度や法律、及び仕組みなどがあり、真ん中がユーザーのペインポイントになっていない。例えば、マイナンバーカードは通知ハガキには期限が無いが、マイナンバーカードを取得すると、10年の期限があり、取得した10年後には更新しなくてはならない。しかもマイナンバーカードの中のチップは5年の期限なので、5年でカードを更新しなくてはいけない。住居を管轄する市役所などに出向き、カードを発行してもらう手間に比べてメリットが分かりにくい場合、国民はカードを取得した方が時間と労力がかかるのでカードの浸透率が上がらない。ポイントというインセンティブや健康保険証と結びつけるということで、ようやく浸透率が上がり始めた。しかも、当初はマイナンバーカードを健康保険証として使った方が、従来の健康保険証を使うよりも、使う側のコストが幾分か高くなるという状態が発生していたので、これらのユーザーから見た課題が解決されるまで浸透が進むはずがなかった。これはユーザー中心でなく製作側の都合で描いた制度設計の例であった。

多くの大企業は「お客様のため」などをスローガンに抱えている。しかし、実際には生産側の都合を重視しており、ユーザーにとって使いやすかったり、ペインポイントをわかりやすく解決していたりするとは言い難い。わかりやすい例が、日本メーカーの家電のリモコンである。ユーザーが求めるかもしれない機能をどんどん増やし、ボタンも増やして行き、最終的にはユーザーがほとんど使わないボタンだらけになってしまい、ユーザーの困惑を招いてしまう。特に高齢者ユーザーには深刻な問題である。それとは逆に、アップルやアマゾンが提供するリモコンはボタン数が極端に少なく、画面上の大き

なアイコンやボタンで可能な限りわかりやすくすることに、相当な労力と投資を行ってきた。

日本の将来を設計していく上で、このユーザーファーストの考え方で、「現在のユーザーの課題、困りごとを解決する」という姿勢が重要である。どんな近未来を作っていくのか、方向性を定めて具体的なビジョンを描くには「現在の国民=ユーザーのペインポイントを解決した状態」を描くことが重要である。

例えば、世界で圧倒的に売れている EV のテスラ車は「EV 所有・運転のペインポイント」を極端に取り除くと同時に、他の車には無い機能やメリットを加えている。

#### 4. フレーム（思考モデル）とディスラプション

人間はフレーム（思考モデル）を使って世の中の情報を整理したり、因果関係などのモデルを作ったりするという考え方は、社会心理学などの分野から広まり、一般的に活用されている。フレームはものの見方であり、「何が可能なのか」という観点や因果関係などを作り出す。フレームは複数ある方が、新しいフレームを見つけたり、新しい考え方ができたりするようになる。<sup>2</sup>逆に、これまでの大きな産業のディスラプションは、経営者が新しいスタートアップや新しいプロダクト、サービスが作り出した新たなフレームを理解できず、既存のフレームでしか捉えられずにディスラプトされたケースが多い。

例えば、アップルのスマートフォンが登場した直後、マイクロソフトの当時 CEO であったスティーブ・バルマー氏はこう述べた：「iPhone が大した市場シェアを取る可能性は全く無い。全く無い。」また、「世界で最も高い電話だ。」ということや、「キーボードが無いのでビジネスユーザーには魅力的ではない。

既存の思考フレームでは「スマートフォン=電話」、「ビジネスユーザーやメールには物理キーボードが必要」ということだったが、iPhone が引き起こしたスマートフォン革命はこれらのフレームを一掃した。その後、マイクロソフトのスマートフォンのシェアは約 0% となった。

EV 化が進むシリコンバレーから見ると、EV の充電周りの議論も、ユーザーの体験は既存のガソリン車メーカーやメディアが用いる思考フレームとは異なることを発見する。既存のガソリン車の給油のフレームで EV の充電時間を考えると、急速充電が 40

---

<sup>2</sup> Cukier, Kenneth, Viktor Mayer-Schönberger, and Francis de Véricourt. *Framers: Human advantage in an age of technology and turmoil*. Penguin, 2022.

分、低速充電が6時間かかるようでは長いと思うはずである。しかし、ガソリンの給油は空気が悪いところで立って給油を待つというものだが、EVを充電する場所と用途は異なる。EVの充電が大手スーパーやカフェの隣やショッピングセンターの駐車場にあるので、買い物中に寄るという用途で使うので、40分は長くはない。そして、出社するオフィスの隣か近くの低速充電器なら、通常はオフィスに6時間以上いるので、決して長いわけではない。むしろ、このインフラ環境に慣れると、わざわざガソリンスタンドに寄り道する方が面倒で手間がかかるというユーザー体験となる。これはガソリン車給油のフレームと、EV充電のフレームが異なるということで、既存のガソリン車メーカーが給油フレームを用いて「充電時間が長いのでEVは普及しない」と考えると根本的なユーザーの[視座から離れてしまう](#)。しかも「鶏が先か、卵が先か」問題で、EV充電インフラがないからEVの開発、販売には消極的となり、EVの浸透率が低いからインフラ投資をしない、という「できない理由のフレーム」は、すでに問題が解決しているところのユーザーの使い方などを理解したフレームが必要なのである。

そもそも日本の戦後は、「現在保有している資産」をベースとした国際比較優位のフレームを採用して推薦した軽工業に特化するべきだという、アメリカの何人かの著名な経済学者の考えを採用しなかったからこそ、急速な経済発展に成功したとも言える。

「比較優位は作り出すもの」というフレームがあったからこそ政府と民間が一丸となって重工業や自動車産業の発展にたどり着いた経緯がある。<sup>3</sup>

外から見ると、現在の日本はインフラ投資ができる国であり、特に首都圏は世界一発達した地下鉄、電車、新幹線網を誇り、東京の再開発も15年前と比較すると、驚くほど行われている。ビル建設やスカイツリー建設、東京駅八重洲側などの地下街の発展、色々なところの自転車用の道路整備などが進み、パンデミック以降の店のレジ周りのシステムの刷新も進んでいる。したがって、外から見ると、EV充電向けのインフラなどは日本の得意分野にも見える。しかし、国内の色々なところで聞こえる声には、「できない理由」が多い印象を受ける。自動車産業がEVに舵を切らないのでインフラを作っても利用率が上がらないという懸念や、電力網がEVに耐えられない可能性などである。想像力を働かせると新しいフレームにたどり着くこともあるが、実際に新しい現実があるところの思考フレームを理解して自国の状況に照らし合わせて戦略をとる時期にきている。

---

<sup>3</sup> Kōsai, Yutaka. *The era of high-speed growth: notes on the postwar Japanese economy*. [Tokyo]: University of Tokyo Press, 1986.

また、個別企業の紹介で、テスラの取り組みを紹介すると「テスラの話だから関係ない」とか、「アメリカと日本の状況は違うから当てはまらない」という「日本での日本企業の先行事例が無いから当てはまらない=参考にならない」というフレームを持つ人には話が届かない。スマートフォンが世界をリードしていたマイクロソフトや、世界をリードしていた日本のフィーチャーフォンがディスラプトされたように、<sup>4</sup>既存のフレームが強すぎるとそこに待っているのはディスラプションである。

#### 4.1 思考フレーム：技術の進展と浸透はその技術の特性のみにかかっているものではない

新しい技術の進展と浸透の歴史的なパターンを見ると、ほとんどの場合、新しい技術の特性のみで決まるものではない。例えば産業革命で中心的な役割を担った蒸気エネルギーは、蒸気機関車や蒸気汽船で世界の人・モノ・金の流れに大きな革命をもたらした。しかし、蒸気エネルギーの中核を担う技術はボイラーだけではなく、ベッセマーが発明した鋼鉄も含まれる。鋼鉄は耐久性が高く、それまでの鉄では課題が多かった鉄道レールを可能とした。また、アメリカ五大湖を繋いだ運河や、太平洋と大西洋を繋いだパナマ運河といった大規模な物理インフラは蒸気船でないと安定して通れない上、蒸気船による航海の距離が劇的に短縮された。これらの周辺技術やインフラによって蒸気エネルギーという技術のポテンシャルが発揮されたのである。

また、コンピューターも、大型計算機から膨大な変数処理できる多目的な思考増幅ツールに発展できたのはデータベースの発明であり、コンピューターの基礎となる半導体の技術の進歩のみによるものではなかった。<sup>5</sup>

そして、政府の制度や政策も、技術発展や浸透に大きな影響を与える。例えば、アメリカ経済を急発展させた大陸横断鉄道は、一国の経済をつなげるという戦略的な役割が重視され、地域独占と原価に上乗せした一定の利益が確保される政府調達契約が実行された。これにより、のちにスタンフォード大学を設立したスタンフォード氏が、西海岸に鉄道の独占事業を作った。ベッセマープロセスを用いて鋼鉄を提供したカーネギー氏も独占企業を作り上げた。これらは、後の独占禁止法が作られる理由となった。

また、コンピューター産業の発展は冷戦の最中、アメリカの軍事戦略で最重要と位置付けられ、後のシリコンバレーの中核となる半導体産業への膨大な投資と、スタンフォード大学やカリフォルニア大学バークレー校へは、巨額の研究予算が割り当てられた。

つまり、多くの技術は補完関係がある別の技術や政府の制度と政策から多大な影響を受ける。

---

<sup>4</sup> Kushida, Kenji E. "Leading without followers: how politics and market dynamics trapped innovations in Japan's domestic "Galapagos" telecommunications sector." *Journal of Industry, Competition and Trade* 11.3 (2011): 279-307.

<sup>5</sup> Cohen, Stephen S., John Zysman, and Bradford J. DeLong. "Tools for Thought: What is New and Important about the "E-economy"?" (2000).

テスラのエネルギー事業の中核となるバッテリー技術とソーラーパネルの技術も同様に、補完関係がある別の技術や政府の制度と政策に大きく影響される。また、大きな技術発展と浸透の歴史を振り返ると、直接的なその技術以外の経済や社会的要因も発展と浸透に影響する。<sup>6</sup>

これらの視座を念頭に置かずにテスラのエネルギー事業だけを分析しても、その浸透やドミナント・デザインとして消費者から見た魅力を過小評価してしまう可能性が高い。

#### 4.2 補完関係がある別の技術や業界：蓄電、EV、ソーラーパネルなど

テスラのエネルギー事業とEV事業には極めて強い補完関係があり、これは自動車産業とエネルギー産業の補完関係を示している。スマートフォンがデジタルカメラ、音楽プレーヤー、携帯電話、スキャナー、家庭用ゲーム機など、それまでお互いが競争相手ではなかった業界を一気に横串でディスラプトしたように、テスラのエネルギー事業によりソーラーパネル、蓄電池、エネルギー制御ソフトウェア、EV本体、EV充電インフラなど、複数の業界が同じ領域に放り込まれる。

ユーザーの視座から見ると、EVとソーラーパネルは非常に補完関係が強い。これについては、様々な世論調査がある。人口全体に占めるEV浸透率はまだ低いのでセレクションバイアスがあるが、EV所有者は、ソーラーパネルを設置済み、または設置の検討している人が過半数であるという調査結果がある。ユーザーの立場では、所有するEVを自宅で充電すると電気料金が多少上がるので（ガソリン補充の価格に比べたらコストはかなり低い）、ソーラーパネルを検討するという心理が働く。また、ソーラーパネルをすでに設置している人は単純なコスト計算ではなく、環境への配慮などを気にする人の割合が高い場合に、EVに惹かれる人が多くなる。

そこで、EVの市場が発展すればするほど、テスラが実現している垂直統合のソーラーパネルと蓄電が魅力的となり、需要が加速する。逆に、単体のソーラーや他のものと簡単に連動できない家庭用蓄電池などの魅力は一気に薄れる。

### 5. ドミナント・デザインとは

ドミナント・デザインとは、ある技術がどのように使用されるかが不特定多数の企業や社会一般に共有されていて、方向性に対しての認識がある程度共通化されているものである。その技術や業界が成熟期に入っていることで、逆に成熟期に入る前にはその技術の用途や業界の方向性は定まっていない。<sup>7</sup>

そもそも新しい技術が発明されると、どのように産業がそれを価値に変えるのかが定かではない。斬新な技術革新の場合、なおさらどのような形で企業が価値にそれを繋げ

---

<sup>6</sup> Perez, Carlota. "Technological revolutions and techno-economic paradigms." *Cambridge journal of economics* 34.1 (2010): 185-202.

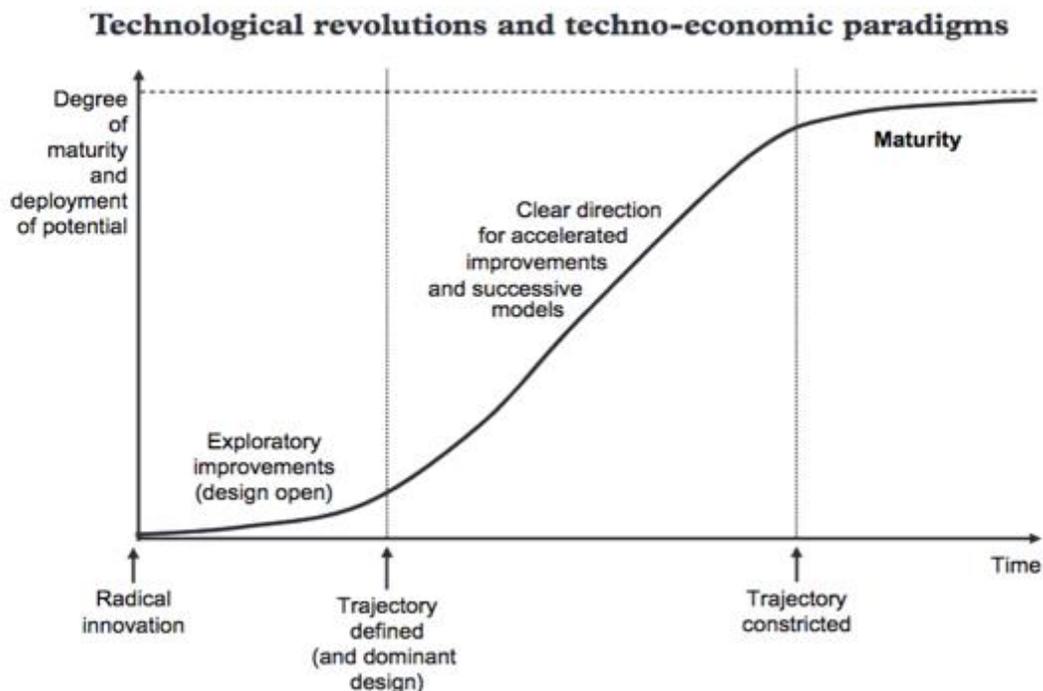
<sup>7</sup> Perez.

るのが分かりにくい。そこで歴史的な技術パラダイムについて影響力が高い研究を行ってきた Carlotta Perez 博士が提唱する技術革新のパラダイムが役立つ。<sup>8</sup>

図表3に示されている通り、新しい革新的な技術が生まれると、左下の箇所から始まる。最初は縦軸である熟成度合いと浸透のポテンシャルの値が低いため、様々な実験的な改善がされるが、この段階ではどんなデザイン、つまり用途にどんな可能性があるのかが未確定である。

そこから様々な企業が競争するうちに技術の使い方の方向性が定まり、ドミナント・デザインが明らかになる。方向性が定かになったことで改善が加速し、どんどん技術の熟成度合いと浸透のポテンシャルが高まる。そしてかなり熟成度が高まり、浸透の度合いも高くなると、その後の技術革新の方向性は狭まり、熟成した技術となる。

図表3 : 技術の熟成度合いとドミナント・デザイン確立



Source: Perez, Carlota. "Technological revolutions and techno-economic paradigms." *Cambridge journal of economics* 34.1 (2010): 185-202.

Perez は人類史上、最も大きな技術革命を取り上げているが、ドミナント・デザインの考え方は具体的な製品カテゴリーにも当てはまる。<sup>9</sup>

例えば、2008年頃から急速に普及したスマートフォンは、それまでの携帯電話やモバイルコンピューティングなどの市場を一気にディスラプトして新しいドミナント・デザインを作り上げた。タッチスクリーンにアプリのプラットフォーム、カメラ内蔵で写真や動画、そして様々な情報を取り込んで色々なことができるというデバイスはドミナ

<sup>8</sup> Perez.

<sup>9</sup> Fernando Suárez and James Utterback, "Dominant Designs and the Survival of Firms," *Strategic Management Journal* 16 (1995): 415-30.

ント・デザインとなった。日本独特で多くの機能が備わったフィーチャーフォンや、世界のビジネスユーザーに愛用されていたキーボード付きのブラックベリーを始め、色々な専用デバイスなど、他のデザインをニッチなものへと追いやった。

逆に、2022年の段階でのガソリンエンジンは、これから画期的な新たな用途が出てくるとはほとんど誰も期待しておらず、現行の技術提供者は燃費や排出ガスを減らすような最適化にのみ焦点を当てている。ドミナント・デザインがかなり昔からもう定まっているからである。それとは対照的に、人工知能（AI）の用途はまだドミナント・デザインが決まっていなかった部分が多い。深層学習という手法が2012年頃から急激に伸び、現在は様々な産業で活用されているが、さらなる社会実装がどのような形で行われるのかは定かではない。自然言語処理という分野が大きな進化を遂げており、新たな実験や模索が繰り返されている段階である。

AIを用いた自動運転もドミナント・デザインはまだ定かではない。センサーはLidarを使うべきなのか、2021年までのテスラのようにカメラの画像処理とレーダーを組み合わせるべきなのか、あるいは2021年の上旬からテスラがとっている作戦であるカメラの画像処理のみで行くべきなのかという技術的な領域はまだ決まっていなかった部分が多い。そもそもどのような形の自動運転が主流になるのかも分からない。テスラのように、まずはドライバーありきの形で展開されてから完全自動運転に移行していく、Waymoのように最初からドライバーを想定しない作りになっていく方が先に普及する、あるいは自動運転が難しいところは遠方操作との連携という形で広まる、などが考えられる。しかし、そのうちのどれが、中期的にドミナント・デザインとなるかは、予想しづらい。

EVではテスラが現在、他のメーカーが追尾するドミナント・デザインを構築したといえよう。テスラ車の登場までは大型車やフルサイズのセダンにEV化する取り組みはEVの特性上、向いていないとされたため、EVは小型車に限られていた。しかしテスラはフルサイズのSUVやクロスオーバーSUVを量産して大型車とハイパフォーマンスなEVの可能性を示し、大手自動車メーカーは軒並み大きめのEVの開発を急いだ。EVの内装ではテスラが物理的なボタンの数を極力抑えて、それまで前代未聞だった大型タッチパネルを中心としたデザインを世に出し、これに影響されて他のメーカーも現在はタッチパネルの大型化が進んでいる。テスラが他社に影響を与えた最も大きなドミナント・デザインの要素の一つは、無線ダウンロードによるソフトウェアのアップデートによる機能向上や性能の進化である。モノを販売してから機能が追加され、性能が上がり、しかもほとんどのアップデートや機能の追加が無料という考え方は、自動車産業に大きな衝撃を与え、技術の方向性と顧客の付き合い方を変えた。

テスラはエネルギー事業でのドミナント・デザインを構築していて、その詳細を次のPart 2で紹介する。

## Part 2: テスラのエネルギー事業が示す新たなドミナント・デザイン

テスラは主力製品であるEVで知られているが、実は蓄電池、ソーラーパネル、仮想発電所（Virtual Power Plant）、EV充電インフラなどを組み込んだ分散化型エネルギーの新しいドミナント・デザインを作り出している。この新しいドミナント・デザインにはいくつかコンポーネントがあり、順番に紹介していく。

図表2（Part 1からの複製）：テスラが示している新しい電力網、エネルギー周りのドミナント・デザイン

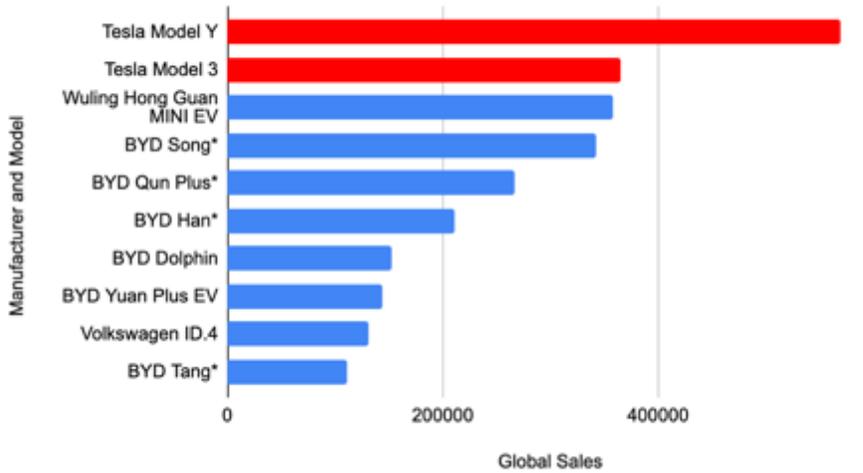
1. ソーラーパネルと蓄電池をセットで導入
2. 家庭用蓄電池はハイパフォーマンスでデザイン製と機能の両方を重視、モジュラー設計
3. ソーラー発電の瓦：Solar Roofで Building-Integrated Photovoltaics (BIPV)
4. 住宅のソーラーパネルと蓄電池はアプリで常時状態確認、制御
5. リアル天候予想データとの連動で作動、ビッグデータも採取
6. 自宅エネルギーシステムとEVの連動、アプリで一元管理
7. 地域の蓄電池を Virtual Power Plant（仮想発電所）として運営
8. 集合住宅には業務用蓄電池で非常用電源
9. EV充電インフラには業務用蓄電池
10. 発電所には大型モジュラー蓄電池、ソフトウェアで管理
11. テスラが示すEV高速充電網の新しいドミナント・デザイン
12. EV充電による電力グリッドの需要のピークをシフト

### テスラのエネルギー事業

まずはテスラのエネルギービジネスの概要を紹介する。テスラの主力ビジネスは電気自動車（EV）であり、2022年の世界売り上げ台数はリードしており、ここ数年は急成長してきた。しかしその裏で電力事業も伸びている。（図表4、5）。

図表4：世界のEV売り上げ

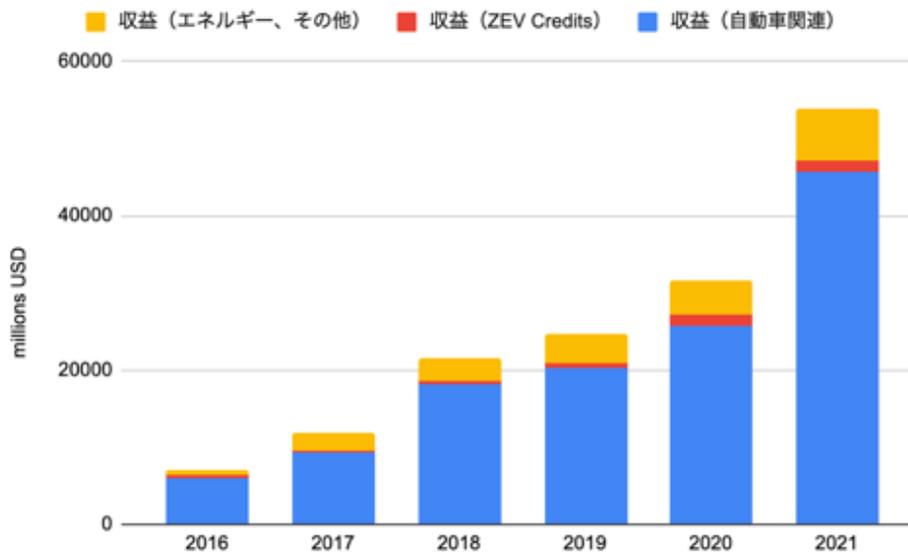
Global EV Sales 2022 Jan - Oct



注：\*の車種は Battery EV (BEV)と Plug In Hybrid (PHEV)の両方を含む

Source: <https://insideevs.com/news/625651/global-plugin-electric-car-sales-october2022/>

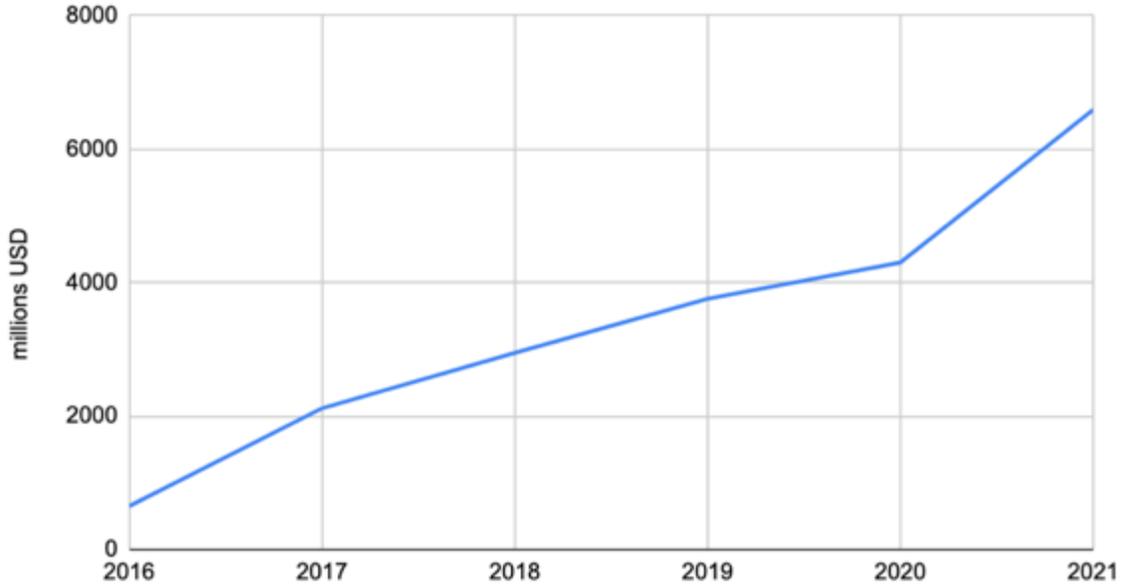
図表 5：テスラの事業領域別の収益



Source: Tesla

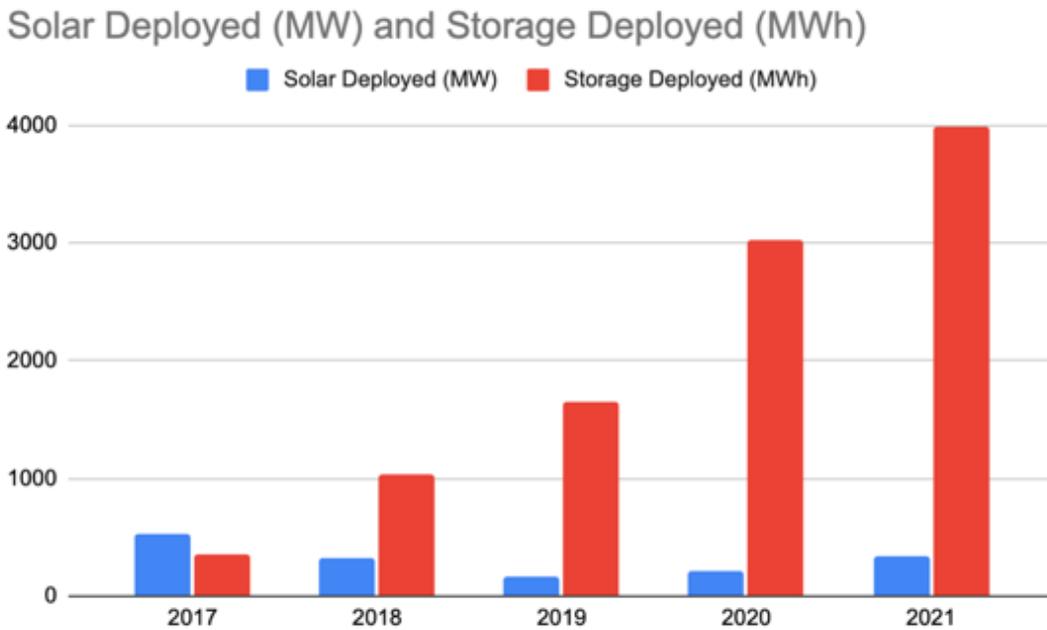
テスラのエネルギー事業の規模は EV と比較すると小さいが、収益は着実に成長している。(図表 6)

図表 6 テスラの「エネルギー、その他」の収益



Source: Tesla

図表 7：テスラのソーラーパネルと蓄電設置の比較



### 1. ソーラーパネルと家庭用蓄電池をセットで導入

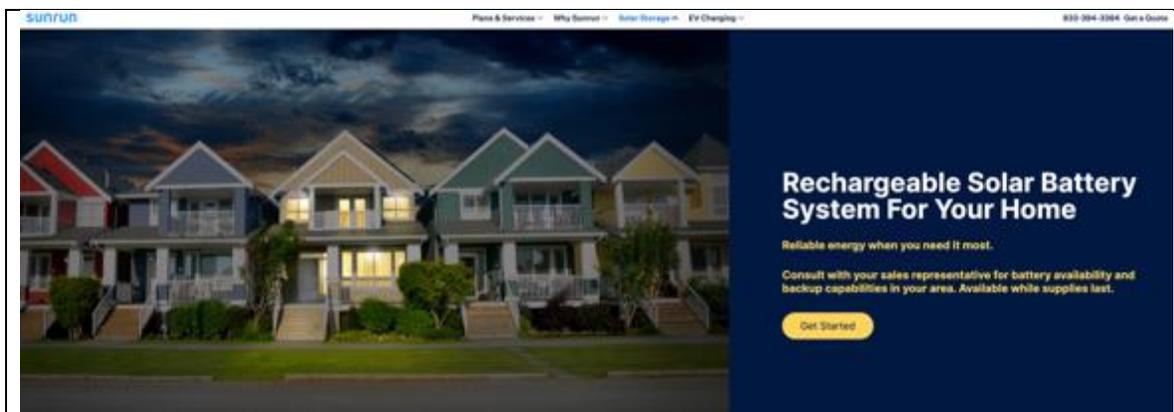
テスラはソーラーパネル、自社製インバーター、そして家庭用蓄電池をセットで販売していて、新しいドミナント・デザインとなっている。家庭用蓄電池の Powerwall は家庭用蓄電池のデザインやパフォーマンスのカテゴリーを大きく作り替え、コストパフォ

ーマンス的にも他社を引き離した。この Powerwall を 2 枚ほど付けると、平均的なアメリカの住宅が二日間ほど完全に電気を賄える程度の容量を蓄電できる。カリフォルニアの相次ぐ停電やテキサスの電力網の不安定な状況下において、Powerwall は家庭用ソーラーパネルとの相性は良いため、非常に人気となり、需要がテスラの製造能力を上回り、ソーラーパネルのセット販売のみとなった。

2022 年末現在、新規ソーラーパネルを注文する場合、セットで Powerwall を購入するのがデフォルトとなっている。2022 年の秋からはソーラー設置には少なくとも一つの蓄電を必要としている。

テスラのソーラーパネルと家庭用蓄電池のセット	テスラの蓄電池、Powerwall
 <p>Source: Tesla</p>	

ソーラーパネルと蓄電池は、テスラ以外のソーラーパネル設置企業でもセット販売となっている。ソーラーパネルの米国シェア約 15% を占め、米国トップの Sunrun も販売している。Sunrun が販売する蓄電池はテスラ製と LG Chem 製の二つだが、テスラは自宅全体をバックアップするのに比べて LG Chem のものは 4 回路までと記されている。



<https://www.sunrun.com/solar-battery-storage>

## Frequently Asked Questions

### [-] What kind of solar batteries does Sunrun use?

Brightbox offers two lithium-ion solar battery storage options: [Tesla Powerwall](#) and [LG Chem](#). Compared to lead acid batteries, solar batteries using lithium-ion technology are more efficient and have longer lifespans. This makes them one of the best energy storage options when going solar.

### [-] What's the difference between Tesla Powerwall and LG Chem?

[Tesla Powerwall](#) can provide whole home backup while [LG Chem](#) backs up to four circuits. There are also differences in the software and app functionality.

[Request a free quote](#) to get connected with a Sunrun Solar Advisor and determine which back-up solution will best meet your energy needs.

テスラの蓄電池の作動モードはいくつかあり、電力事業者との連動が行える地域では様々なユーザーにとっての恩恵と悪天候や災害からの不安を取り除く機能となっている。

セルフ・パワーはソーラーパネルと蓄電池の組み合わせをフル活用し、太陽光発電時には自宅で使う電力と蓄電池の充電を行い、太陽光発電をしてない時は蓄電池を使うというモードである。極力電力網に頼らない使い方である。

この他の作動モードの説明は後ほど紹介する。

図表 8：テスラの家庭用蓄電池 Powerwall の作動モード

作動モード	説明
セルフ・パワー	二酸化炭素排出を最小限に押さえ、極力電力グリッドから独立する（ソーラーと連動のみ）

時間指定のコントロール	電力費を極力押さえるため、電力の値段が低いタイミングで充電し、高いタイミングでは蓄電池を使用
Storm Watch	悪天候や嵐の予報と連動して停電の可能性がある時のために電力を蓄えておく
停電時の EV 充電	Powerwall と Tesla EV を連動させて停電時に EV 充電と自宅のニーズのバランスを保つ

Source: <https://www.tesla.com/support/energy/powerwall/mobile-app/mobile-app-overview>

著者和訳

## 2. 家庭用蓄電池はハイパフォーマンスでデザイン製と機能の両方を重視、モジュラー設計

テスラは家庭用蓄電池という製品カテゴリーを大きく進化させて新しいドミナント・デザインを作り出した。2015年に家庭用蓄電池の Powerwall を発売し、2017年からネバダ州のギガファクトリーで量産を始めた。それまでのものに比べて大容量であり、2022年現在、発売されている Powerwall 2 は 13.5kWh の容量で持続的に 5kW、最大で 7kW の出力で、2枚ほどあれば平均的なアメリカの住宅は二日間ほど冷蔵庫や暖房などを完全にまかなえるとのことである。EV で培った技術を使い、家庭用蓄電池としてそれまでの空冷ではなく、初の水冷式を実用化したため、薄くてデザイン製に優れた仕上がりとなっている。また、水冷のため、テスラによると摂氏-20度から 50度まで稼働可能である。

Powerwall 2
-------------



テスラの Powerwall は水冷であることから設置場所がフレキシブルであり、インテリアとして設置できるデザイン製やクローゼット内設置を意識していて、集合住宅やアパート、コンドミニウムにも対応しているのが大きな特徴である。



テスラの Powerwall はモジュラー設計であり、最大 10 台まで設置可能である。1 台から 10 台まで簡単に拡張可能であることは、設置状況のフレキシビリティを従来の製品に比べて大幅に拡大している。





Source: Tesla

この新しいドミナント・デザインの設置場所のフレキシビリティとモジュラー設計は、他社の家庭用蓄電池と比べると分かりやすい。他社製品は空冷であるがゆえに大きく、エアコンの室外機のような住宅の外付けを想定したデザインのものも多く、モジュラー設計ではないものが多いので、簡単に拡張できない。

#### 他社の家庭用蓄電池のデザインとの比較



Source: [https://ko-jiyasan.com/user\\_data/maker\\_of\\_storage\\_battery.php](https://ko-jiyasan.com/user_data/maker_of_storage_battery.php)



Source: <https://nshec.com/5-reasons-to-choose-a-home-backup-generator-over-a-home-battery-backup/>



Duracell Energy Bank

Source: <https://techau.com.au/the-first-duracell-energy-bank-2-home-battery-storage-installed-in-australia/>

パナソニックが北米で発売している EverVolt 家庭用蓄電池。



Source: <https://na.panasonic.com/us/energy-solutions/battery-storage/evervolt-battery-storage-system/evervolttm-ac-coupled-home-battery-storage>

この Powerwall の人気は、カリフォルニアやテキサスの電力網の悪状況が加速させた。テスラの開発の主要拠点であるシリコンバレーでは、2017 年からのカリフォルニア北部の大規模な山火事の影響や、残暑、強風、低気温、寒波、そして予期せぬ設備トラブルで、何度も「未計画停電」が起こった。更に 2020 年 3 月からコロナウィルスの感染拡大で在宅勤務が劇的に増えると、家庭用蓄電池の魅力は急増し、Powerwall の需要が急増した。テスラは 2018 年から数回の値上げを行ったが、それでも需要は供給を遥かに上回った。2021 年 3 月からは、テスラは Powerwall の単独販売を休止し、ソーラーパネル設置とセットでしか Powerwall を販売しなくなった。

Powerwall のデザイン性へのこだわりは、初期モデルの発表を見ると分かりやすい。Powerwall 登場以前の家庭用蓄電池はあくまでバックアップインフラという「設備」であり、決して見栄えの良い物ではなく、「家の外壁近くに設置する箱」というイメージだった。一方、Powerwall は、複数の色で、曲線を描いたスタイリッシュなデザインであり、デザインと機能性の両方を変えることで大幅な普及を試みた。

2015 年、テスラの Powerwall 発表イベントでのディスプレイモデル



Source: <https://www.sectorelectricidad.com/13089/tesla-consigue-en-siete-dias-suficientes-pedidos-para-fabricar-baterias-para-autoconsumo-hasta-mediados-de-2016/>

同イベントで複数の Powerwall がモジュラー式に繋げ合わさった様子



Source: <https://www.theverge.com/2015/5/1/8527713/tesla-powerwall-home-battery-elon-musk-colors>

量産モデルへの進化では、より実用的で、コストも考えた設計の改善が伺える。2017年から量産された Powerwall 2 はモジュールとしての拡張のしやすさと同時に、生産コストを考慮したと思われる角ばったデザインと、直射日光を長期間に渡って浴びても温度が上がりにくい白のみとなった。屋外設置でも、ガレージの中の屋内設置でも見栄えが良いものに重点が置かれている。

2017 年から量産が開始された Powerwall 2 の実際の設置の様子。(ユーザーのインターネット投稿より)

4枚をモジュール式に2枚ずつ屋外に設置。  
(カリフォルニア州、2017年)



<https://teslamotorsclub.com/tmc/threads/powerwall-mounted-inside-or-outside.98118/#post-2313495>

ガレージ内に設置の様子。(アリゾナ州、2019年)



<https://teslamotorsclub.com/tmc/threads/arizona-powerwall-installs.94204/#post-3568966>

Powerwall がドミナント・デザインとなった証拠は、他社の最新モデルがテスラのデザインに影響され、似たようなデザインを試みていることである。

LG の Resu Prime



Source: <https://ressupply.com/batteries-and-enclosures/lg-energy-solution-resu10h-prime-hv-battery>

Panasonic の EverVolt 2.0



Source: <https://na.panasonic.com/us/energy-solutions/battery-storage/evervolt->

## 2.1 家庭用蓄電池の周辺機器も垂直統合

テスラのソーラーパネルは発売当初、他社製のインバーターとゲートウェイ（配電盤）を接続する必要があったが、テスラは2021年1月に自社製のインバーターの発売を開始した。テスラのインバーターは従来製品より小型化し、テスラの家庭用蓄電池 Powerwall とデザインを統一した。配電盤も同様にテスラ内製のものに切り替えた。



## テスラの自社開発前のインバーターとゲートウェイ



Powerwall 周りの機材の垂直統合もさらに進んだ。新しい Powerwall+ はそれまでは別々だったソーラーパネルとの接続に使うゲートウェイ（配電盤）とインバーターをバッテリーと一体化させた。これによって Powerwall+、Tesla Backup Gateway と Tesla Inverter が物理的にも統合された。

Powerwall+ Specs	
<b>Energy Capacity</b> 13.5 kWh	<b>Inverter</b> Efficiency 97.5% Maximum Power Point Trackers: 4 Solar Input
<b>On-Grid Power</b> 7.6kW / 5.6kW continuous*	<b>Installation</b> Integrated inverter and system controller -4°F to 122°F Water and dust resistance
<b>Backup Power</b> 9.6kW / 7kW continuous* 22kW / 30kW peak* 18A max LRA start Seamless backup transition	<b>Certifications</b> Meets North American safety and EMI standards
<b>Size and Weight</b> L x W x D 62.8 in x 29.7 in x 6.3 in 343.9 lbs	<b>Warranty</b> 10 years
*Full sun / no sun	

Source: Tesla

## 2.2 ソフトウェアで機能も容量もアップデート可能

テスラが EV でのソフトウェアダウンロードによって、性能を高めたりする機能を標準装備とするドミナント・デザインを確立したのと同じように、2020 年から出荷された Powerwall+ やゲートウェイ、インバーターはソフトウェアを Wi-Fi でダウンロードしてアップデート可能にするモデルとなった。2020 年の秋に出荷した Powerwall 2 はその後、2021 年の 4 月から 5 月にかけて、ソフトウェアアップデートによって使える容量が増えるということもあった。気温によっては 50% も上がる 場合もあった。最初

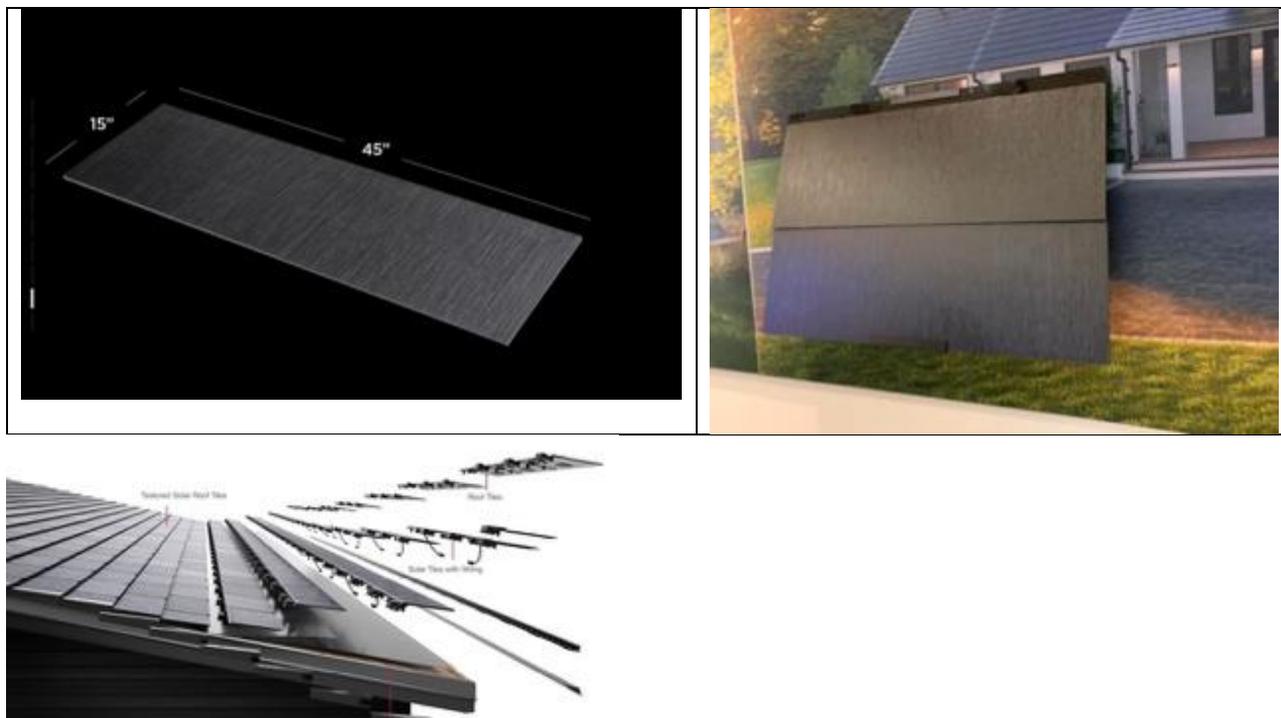
に出荷した当初はまだ使いこなせていなかったハードウェアの容量を、販売後にソフトウェアを稼働させて使えるようにしたのである。

テスラのEVは発売後にバッテリー周りのヒートマネジメントシステムのソフトウェア向上で、毎年極寒の地で動くEVからデータを集め、冬から春にかけて何度もヒートマネジメントシステムのソフトウェアアップデートを繰り返してバッテリーの効率などを上げてきた。家庭用蓄電池も、販売後に進化してパフォーマンスが上がっていく可能性もテスラが示したドミナント・デザインの一部分である。

### 3. ソーラー発電の瓦：Solar Roof で Building-Integrated Photovoltaics (BIPV)

テスラは瓦にソーラー発電の機能を埋め込んだSolar Roofという製品の先駆者であり、新たなドミナント・デザインの牽引役となっている。これはBuilding-Integrated Photovoltaics (BIPV)という建物と一体になった太陽光発電というエネルギー業界における新しいカテゴリーのプロダクトである。テスラはSolar Roofを2015年に発表し、その後バージョン3まで改良され、2019年から2020年にかけて自社工場で量産体制が整った。

Solar Roofの特徴は、見栄えは通常の屋根とは変わらないが、陽が当たるところは発電可能な瓦で、当たらないところは同じ形状の通常の瓦であるということである。



図：テスラのウェブサイトに掲載されているSolar Roofの導入例。

シリコンバレー 近郊の一戸建て住宅



Source: Tesla

2021年5月にケンタッキー州で最初に Solar Roof が設置されたとされる家が地元のニュースに取り上げられた



Source: <https://www.whas11.com/article/news/local/tesla-solar-roof-louisville/417-2789e67e-d319-4545-bb08-6c122f0314c4>

他の業者も似た製品の開発、販売を急いでいることから、テスラが新しいドミナント・デザインを確立したといえる。

Solar Roof は基本的に非常に強度の強いガラスで作られており、家に合わせて 4 通りのスタイルがある。左から、Tuscan, Slate, Textured, Smooth である。



Source: Tesla

テスラによると、耐朽性は通常の瓦や屋根の素材よりも格段に頑丈であり、雹（ひょう）が降った場合、通常の屋根が直径 1 インチ（2.54cm）の物まで耐えられるのに対し、Solar Roof は直径 1.75 インチ（4.4cm）まで耐えられる。更に、テスラは、風力は時速 166 マイルまで耐えられ、カテゴリー 4 という最大級に近いハリケーンでも大丈夫だと主張している。火災に対しては、最高水準の Class A UL 790 の認可を受けている。

更に、発電することを含めてコストパフォーマンスを計算すると、通常の屋根より優れているというのがテスラの主張である。Solar Roof の価格はソーラーパネルの約 1.5 倍だが、屋根の面積によっても変わるため、単純比較は難しい。2022 年 2 月に、それまでの 10 年ローンに加えて 20 年ローンのオプションを加え、月々の支払額を約半額にすることで、より多くの人にとって払いやすいオプションを追加した。2022 年の世界的なサプライチェーン問題で、2 月から新規予約受付後の設置作業を一時的に停止した。その後、テスラ社が直接取り付けるという形ではなく、サードパーティーの業者経由での設置が再開された。

#### 4. 住宅のソーラーパネルと蓄電池はアプリで常時状態確認、制御

テスラは、家庭用の発電と蓄電をアプリで一元管理を可能にしている。これをさらに EV のアプリと一体化させているため、EV の充電を含めたエネルギー管理を手軽に行える。

下記のテスラのアプリでは太陽光発電の発電量、自宅の消費電力、Powerwall の充電状況や電力網からの電力使用量が常時確認できる。このほかにはこれまでの発電量や今

日の電力自給率なども一目で分かる。また、「オフ・ザ・グリッド」（電力網からの独立）というボタンもあり、極力電力網に頼らない発電とバッテリー使用のモードへと切り替わる。

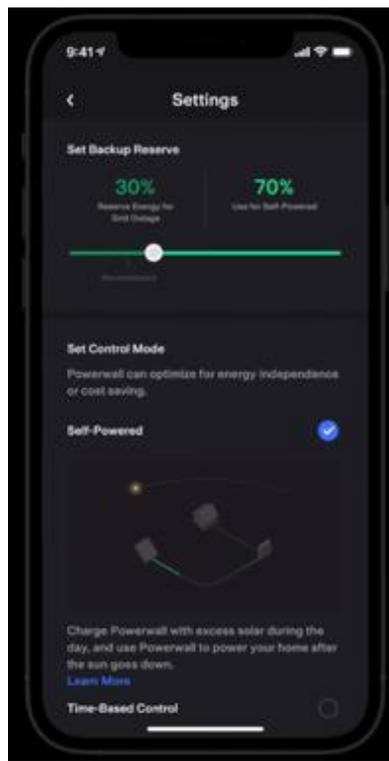


これらの「エネルギー」や「インパクト」のメニュー項目に入ると、過去のデータや詳細が見える。

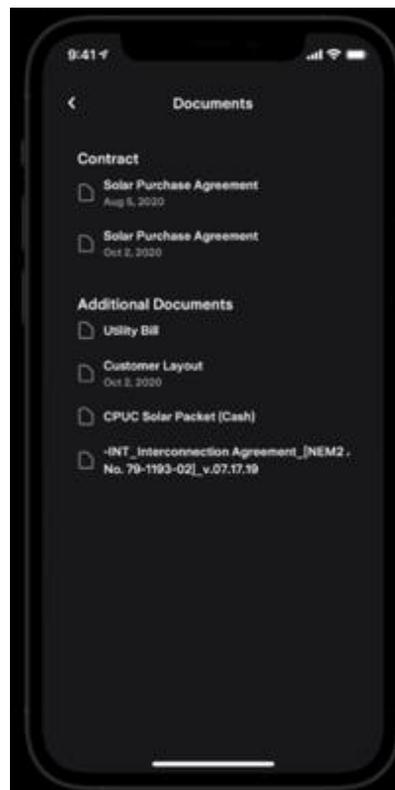
ソーラーからの発電とグリッドからの電力、及び使用電力が見える	ソーラーの発電量を自給率と金額で「見える化」している。
--------------------------------	-----------------------------



Backup Reserve で、停電に備えるために蓄える分の電力と、グリッドからの自立で自分の家で使う分の電力のバランスをシンプルに変えられる。



一連の契約ドキュメントなどもアプリから簡単に閲覧できる。



## 5. リアル天候予想データとの連動で作動、ビッグデータも採取

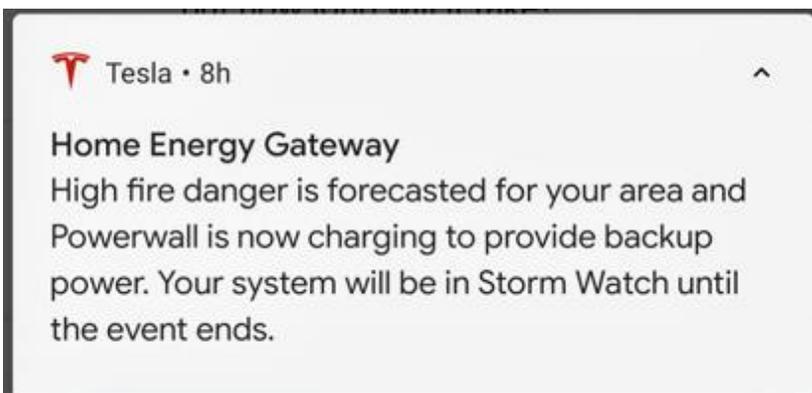
災害対策として、テスラは嵐や悪天候、及び自然災害が発生しそうな時にアラートを受けて停電に備えて電力を蓄えるという動きを、家庭用蓄電池に標準装備させてドミナント・デザインとした。

テスラは気象予報と連動した Storm Watch というサービスを始め、停電が起こりそうな規模の台風や嵐などが発生する予報と連動して Powerwall が自動的に停電に備えて電力を蓄える。テスラは 2021 年には Storm Watch が 40 万回発動したと [発表した](#)。

アプリに表示される Storm Watch



カリフォルニアでは大規模な火災が起きた 2020 年に火災による電力網のダウンを想定して Storm Watch の蓄電が発動した。



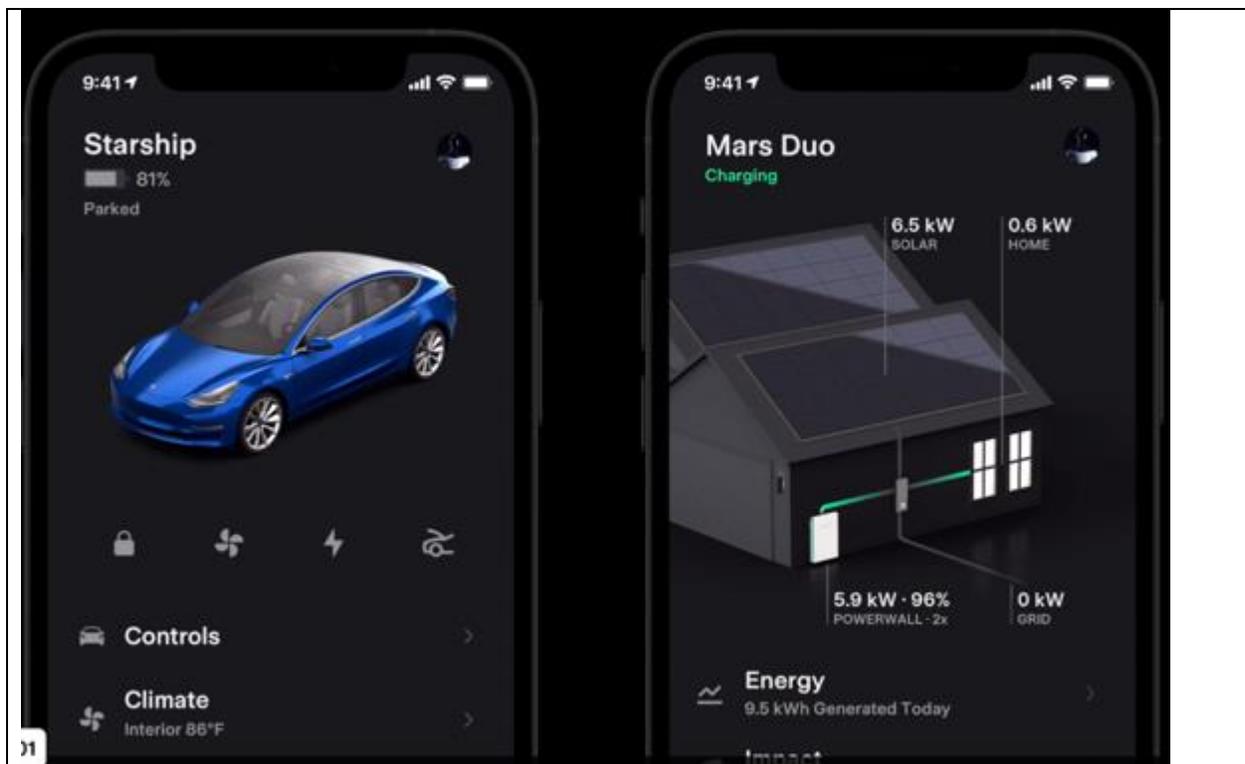
Source: <https://cleantechnica.com/2020/09/09/as-historic-heatwaves-cook-california-tesla-activates-its-distributed-army-to-save-the-grid/>

テスラは気象予報による停電リスクと、実際に停電したかどうかの情報も得ており、ビッグデータを集めている。アメリカの電力網は、州ごとに複数の電力会社がいる形で分散化しているので、既存の電力業界とは別の情報網を構築したことになる。このデータをどのように活かすかはまだ分からないが、天候と電力網周りの様々なデータが、今後、研究者やサードパーティーに開放されることがあれば、色々な価値につながる可能性がある。

## 6. 自宅エネルギーシステムと EV の連動、アプリで一元管理

テスラは自宅の太陽光発電と家庭用蓄電池のエネルギーシステムを、世界的に最もシェアの高いテスラの EV と連動させ、アプリで一元管理できるようになっている。エ

エネルギーとEVを両方、同じテスラのスマートフォン用のアプリで管理する形をとり、右か左にスワイプするとEVの部分か家庭エネルギーの部分に切り替わる。テスラはすでにEVをアプリで管理して冬場には窓に貼った氷を溶かしたり、夏場は空調をかけて冷やしたり、防犯カメラをリアルタイムで遠方から見られるようにするなど、様々な機能を盛り込んでいることで知られている。自宅で充電する場合は電力が安いタイミングで充電する時間設定を車側からでき、家のエネルギー管理側からはいつ、どのような充電元を選ぶか設定できる。逆に、できるだけ電力網に頼らずに自給率を上げる場合は日中、発電が多いタイミングで家庭用蓄電池とEVの両方をできるだけ充電させるということも簡単に選択できる。



## 7. 地域の蓄電池を Virtual Power Plant（仮想発電所）として運営

テスラは2021年7月からカリフォルニア州で家庭用蓄電池のPowerwallのユーザーを対象にVirtual Power Plant（以下VPP）の提供を始めた。VPPは、Powerwallのオーナーが有志でピーク時に、バッテリーから電力グリッドに電力を供給する仕組みである。電力供給が逼迫しそうなタイミングの数時間前に、テスラはユーザーに「Virtual Power

Plant Event」という通知を送り、ユーザーはその都度、参加するか否かを決めることができる。

テスラの説明では、Powerwall には自宅で使うための電力は十分残しながら多少のユーザーで設定可能な量の電力をグリッドに提供する。この VPP は、夏の猛暑などでピーク時の需要が電力会社の電力供給能力の限界に近づき、止むを得ず停電を強いられる事態を未然に防ぐのが目的である。

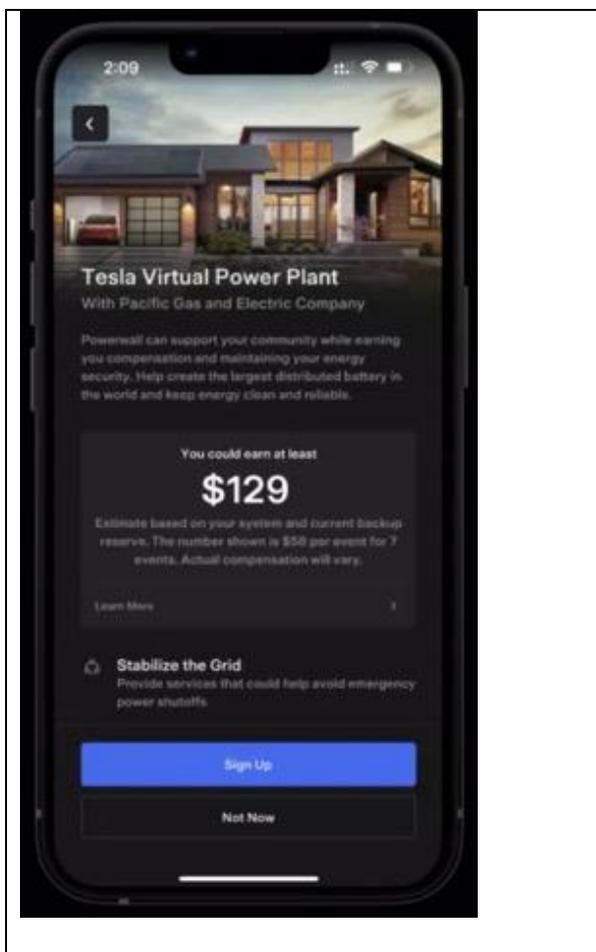
2021 年のテストでは、VPP への参加はボランティアとして報酬やインセンティブはなかったが、2022 年からは北カリフォルニアの電力会社 PG&E から参加に対して報酬が支払われることとなり、真夏の電力ひっ迫時に発動した。

Virtual Power Plant イベントのスマートフォンへの通達。これはイベントごとに参加を見送ることも可能である。

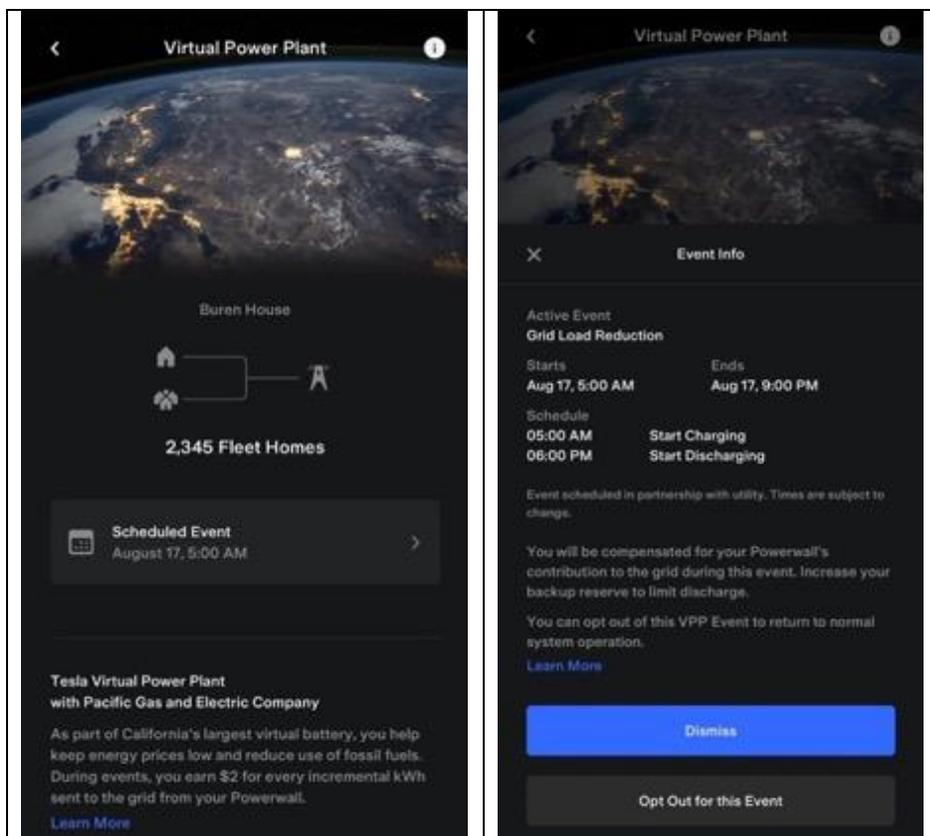


北カリフォルニア PG&E は VPP に参加するユーザーに対して、1kWh に対して 2 ドル支払われる。VPP イベントごとに 10 ドルから 60 ドルの収入になると事前予想がされた。参加表明をすると、一年で得られる金額の予想が表示される。VPP イベントが発動しても、その都度断ることも可能である。

初期設定で Virtual Power Plant に参加すると、支払われると予想される額が表示される。

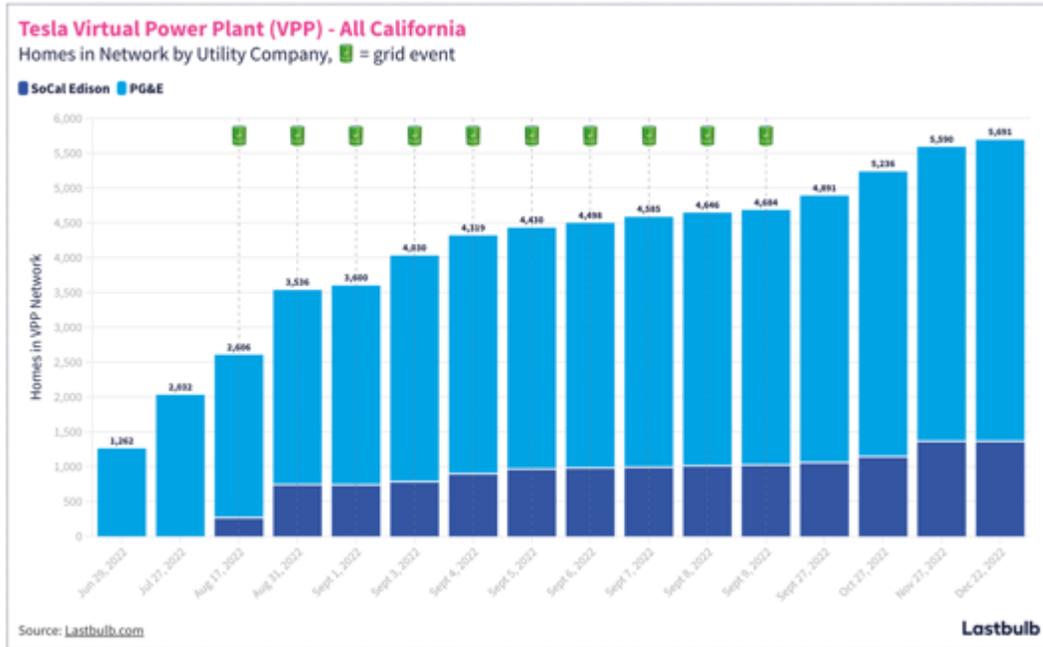


2022年8月17日に稼働した第一回のVPPイベントはPG&Eの電力網に2345世帯ほどが参加し、最大16.5MWの電力が[提供された。](#)



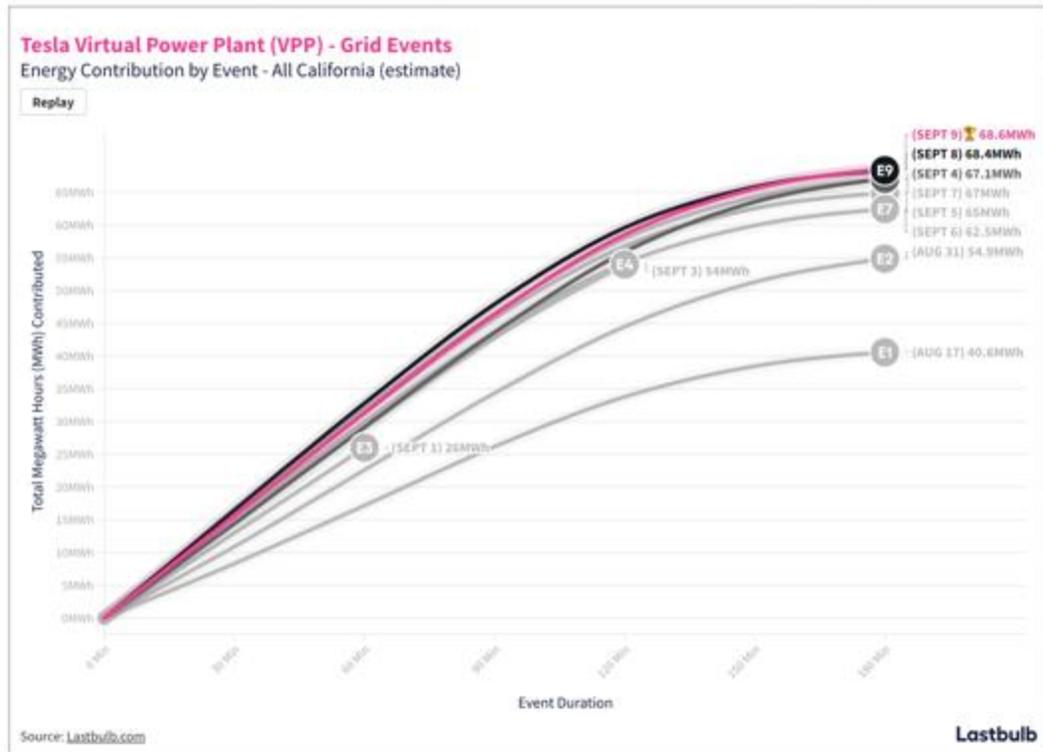
2022年8月から9月にかけてカリフォルニア州は熱波に襲われ、電力網の電力供給逼迫警報が発令され、連日VPPイベントが開催された。9月9日時点でテスラのPowerwallを使用してVPPに参加したのはPG&Eが3659世帯、南カリフォルニアのSouthern California Edison (SCE)から1025世帯で、合計4684世帯に上った。8月17日の第一回からの三週間で新たに約2000世帯が参加した。9月9日のVPPイベントでは最大24.6MWの電力供給が観測され、ピーク時の3時間で68.6MWhの電力が供給された。

図表8：テスラのVPP稼動発電量、参加世帯数



Source: <https://www.lastbulb.com/virtual-power-plant>

図表 9 : テスラの VPP 発動時の発電量の比較 (2022 年 8 月、9 月)



Source: <https://www.lastbulb.com/virtual-power-plant>

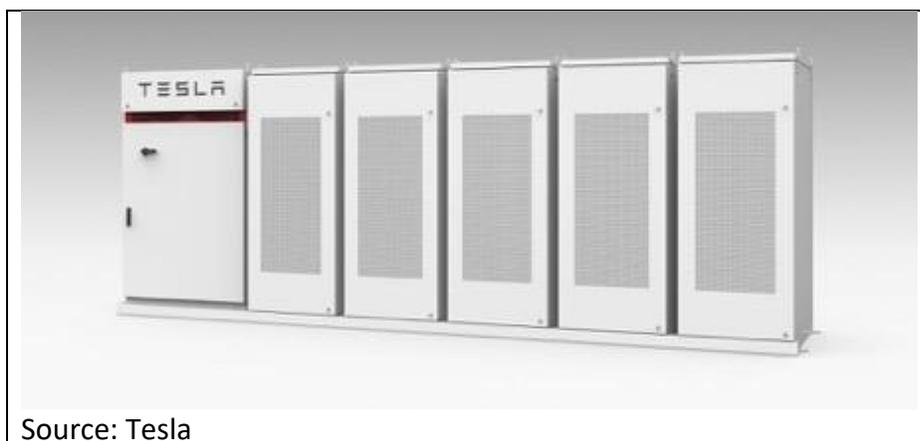
カリフォルニア州の州都、サクラメント在住のあるユーザーによれば、9月の第1週の熱波の間に Powerwall で 255kWh の電力を供給し、合計 510 ドルの収入を得たとのことだった。これは Powerwall とソーラーパネルに支払っていた 400 ドルのローン・リースを上回る金額だった。

このカリフォルニアでのテスラの VPP の動きは他の州でも注目され、様々な実験や構想が広まっている。例えばテキサス州では 80MW 規模の VPP を導入する検討がされた。テキサス州は 2021 年の 2 月と 2022 年 12 月に大寒波に襲われた際に電力網が不安定となり、大規模な停電を経験している。テスラはすでに 2021 年 8 月にテキサス州で電力小売業者として Texas Public Utility Commission に申請を行い、11 月に認可された。テスラはすでにオーストラリア南部で電力を供給していたが、アメリカでは初めてである。

また、バーモント州の小さな電力事業者は 8 月下旬までに 4000 台の Powerwall を顧客の家に設置して 2021 年の熱波で 1.5 ミリオンドルほどのピークプライスのコストを避けることができたと語っている。

## 8. 集合住宅には業務用蓄電池 Tesla Powerpack で非常用電源

テスラは業務用蓄電池、Powerpack も提供している。2020 年の時点では 232kWh の容量で、他社では別売となることが多いインバーターと一体になっている。テスラによると、この業務用 Powerpack は 2022 年の段階では世界 50 カ国で 10GW 以上の容量を販売している。



Source: Tesla

業務用 Powerwall は集合住宅や地域の非常時バックアップ電源として実用化している。また、住宅用の Powerwall と組み合わせることでさらにマイクログリッドの役割を果たせることが実証されている。2021 年に、カナダのトロントから 1 時間ほどのコミュニティがテスラの Powerpack と Powerwall を組み合わせたマイクログリッドを設置し、コミュニティ単位で電力網から独立した電力供給をある程度まかなえる取り組みを実装した。カナダのこの地域は冬の豪雪などで孤立してしまうこともあり、対策としてこのテスラの Powerpack と Powerwall の組み合わせを実施したのである。

カナダで導入された Powerpack と Powerwall を使ったコミュニティ単位の電力マイクログリッド



Source: <https://www.tesmanian.com/blogs/tesmanian-blog/tesla-powerpacks-creates-a-microgrid-at-in-housing-project-in-canada>

このカナダの事例とは逆の使い方の「コミュニティ・バッテリー」のプロジェクトで、テスラは 2021 年にオーストラリアのシドニー近郊に Powerpack を取り付けた。こちらは日中、使用できる以上に太陽光発電が行われた場合、夜間まで貯めて使うことで電力費を軽減させるという取り組みである。非常時にもある程度使えるという役割もある。



Source: <https://electrek.co/2021/11/10/tesla-powerpacks-power-new-community-battery-project-powerwall-for-neighbourhoods/>

## 9. EV 充電インフラには業務用蓄電池

テスラはここ数年、急拡大してきた EV 高速充電網にも Powerpack を取り付け、電力需要の時間をピークシフトしている。自らが展開する EV 高速充電網のスーパーチャージャーだけではなく、Electrify America など、他社の EV 高速充電設備にもテスラ製の Powerpack が設置されている事例が急増していることから、テスラはこの方面でも新たなドミナント・デザインを作り出している。

この使い方は EV ユーザーと EV 高速充電網を運営する企業の双方にメリットがある。EV 充電網の課題に、電力価格ピーク時での EV 充電のコストが急激に、大幅に上昇する可能性がある。EV 充電の値段変更は可能であり、時と場合によって変わることはあるが、充電網の元となる電力価格に乱高下やピーク時の価格の急増をそのまま直接 EV 充電ユーザーに課金してしまうと、EV ユーザーは突然の劇的な価格上昇を恐れて高速充電網を使わない可能性が高く、そうすると EV の浸透も進まない恐れがある。高速充電網を運営する企業はユーザーに急激な価格上昇を請求できないと価格設定に困る。高めに設定するとユーザーは使ってくれないが、低すぎると突然のピークプライスでは大幅な赤字となりうる。そこで大型業務蓄電池を据え置くことでピークプライス時に対応し、場合によっては夜などの安い電力を日中のピークプライス時に電力網に売るということすら可能となる。

テスラの EV 用スーパーチャージャーと併設されている Powerpack



Source:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Tesla\\_Powerpack#/media/File:TeslaSuperchargerPowerpack.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Tesla_Powerpack#/media/File:TeslaSuperchargerPowerpack.jpg)

テスラの Powerpack は他の業務用大型蓄電池のメーカーに比べてもコストパフォーマンスが良いという判断から、テスラ以外の会社の高速 EV 充電器にも導入された。2021 年 12 月時点で Electrify America の高速充電器設置の 140 箇所以上にテスラの Powerpack の導入が確認された。

テスラとは資本関係なども無い高速充 EV 電網提供企業、Electrify America にテスラの Powerpack が設置されている。



Source: <https://electrek.co/2021/12/02/electrify-america-deployed-tesla-powerpacks-over-140-charging-stations/>

## 10. 発電所には大型モジュラー蓄電池、ソフトウェアで管理

テスラは 2019 年から電力事業者向けの大型蓄電、Megapack の提供を始め、これもドミナント・デザインに加わった。Megapack はモジュール式のコンテナの形をとっており、モジュールはそれぞれ容量が 3MWh で、1GWh 規模以上の設置が可能である。テスラが提唱している用途は、再生エネルギーの電力供給のマネジメント、グリッドのボルテージのサポート、需要のピークを下げる役割、独立したマイクログリッドの構築、周波数の安定等である。北カリフォルニアの電力事業者 Pacific Gas & Electric (PG&E) の Moss Landing 発電所では、2021 年に完成したプロジェクトがあり、256 個の Megapack が設置により、最大 182.5MW の電力を 730MWh の容量で提供し始めた。これは 2021 年の中頃の時点では世界最大の蓄電池プロジェクト だったとされる。

PG&E Moss Landing の Tesla Megapack 設置状況 (2021 年 2 月、完成間近の時点)



Source: EKMMetering <https://www.youtube.com/watch?v=eH-0cIImJhs>



Source: Tesla

## 10.1 電力事業者向けソフトウェア、Powerhub と Autobidder

テスラの大型蓄電池は、バッテリーの技術そのものが注目されがちだが、実はテスラはバッテリーに加えて電力事業者向けのソフトウェアも開発し、提供している。電力モニタリングとエネルギー制御のソフトウェア Powerhub と、機械学習 (AI) を用いた自動エネルギー・トレーディングのソフトウェア Autobidder である。リアルタイムで電力価格を把握し、それをベースに予想をすることで値段が高いところへ売ることができ、それを自動的に実行するソフトウェアである。テスラによると、2019年7月までの時点で既にテスラの顧客は 100GW ものエネルギーをグローバル電力市場に売ったとのことである。これらのソフトウェアは常時アップデートされており、サーバーと無線通信 (Over-the-air) によって[更新されている](#)。

## 11. EV 高速充電網の新しいドミナント・デザイン

テスラの EV 高速充電網「スーパーチャージャー」は EV 事業の一環でもあり、EV と充電網の垂直統合は EV と EV 充電網の両方のドミナント・デザインとなっている。もともとテスラが EV の販売を開始した 2010 年頃に、EV 用の高速充電網がなかったため、テスラは充電機器を自社で設計・製造・設置して展開させたのである。

EV のユーザーにしてみれば、外出先で充電できないことが不安になるので、充実した EV 充電網は必要である。テスラから見れば、EV 充電網を作ってくれるところが無いので、自ら作って展開しなければ EV も売れない、という計算になり、自社展開を決断したのである。

テスラのスーパーチャージャー網は 2022 年 11 月の時点で 4 万台あり、EV 所有者の調査など結果などを見ると、ユーザーの満足度は他社を大きく[引き離している](#)。テスラの EV が売れる大きな理由は EV 充電網の充実にあると[言っても良い](#)。

ユーザーから見て「使える」EV 充電網は数や立地だけではなく、どこにあるのかが一目で分かり、EV を接続して充電して課金するプロセスが簡単であることや、プラグが大きすぎないことも大事である。

テスラの充電網は 2016 年からすでにアメリカ全体の主要大陸横断ハイウェイや都市部に行き渡っており、急速に拡大している。2020 年から 2021 年にかけて 1 万台ほど増え、2022 年末までにはさらに 1 万台ほど増えている。

図表 10：テスラのスーパーチャージャー設置状況

	2017	2018	2019	2020	2021
<b>Supercharger Stations</b>	1,075	1,421	1,821	2,564	3,724
<b>Supercharger Connectors</b>	9,069	12,002	16,104	23,277	33,657

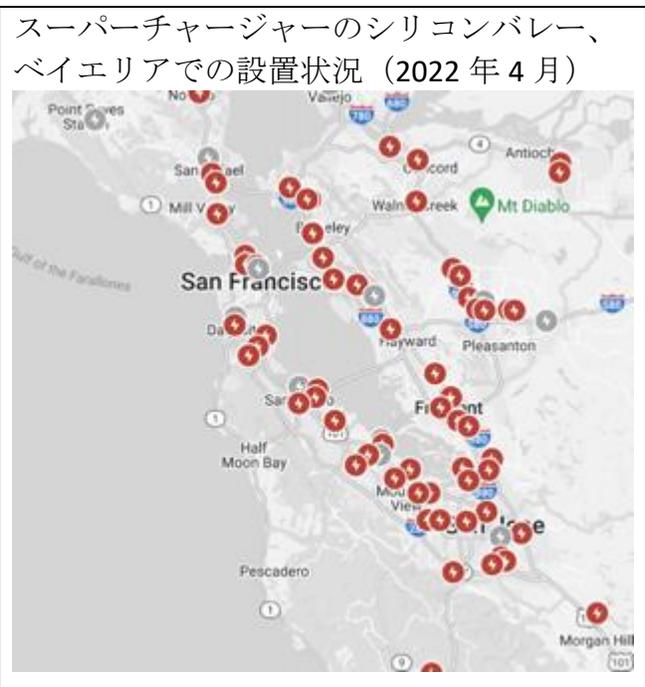
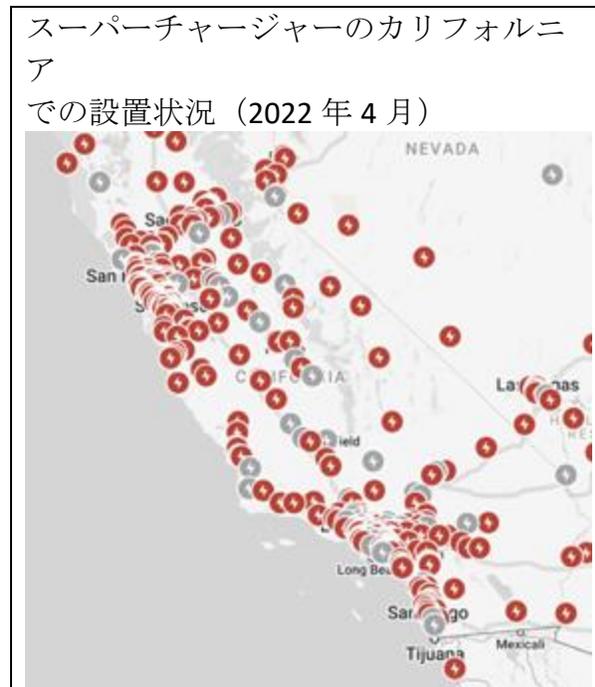
Source: Tesla Annual Reports

図表 11: アメリカでのテスラスーパーチャージャー (2022 年 4 月)

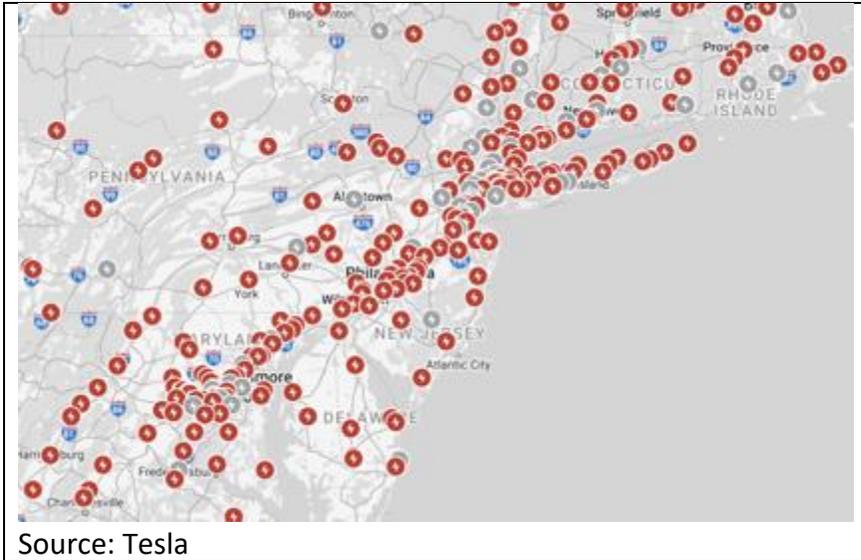


Source: Tesla

スーパーチャージャーの設置状況は2022年ともなると、特にカリフォルニアや東海岸の都市部での設置が非常に充実している。下記の図の赤が既に稼働しているスーパーチャージャーで、灰色が設置中のものである。



アメリカ東海岸でのスーパーチャージャー設置状況



### 11.1 ユーザーから見たスーパーチャージャーのを見つけやすさ

ユーザーから見たら、スーパーチャージャーの場所が一目で空き状況も含めて確認できると安心する。

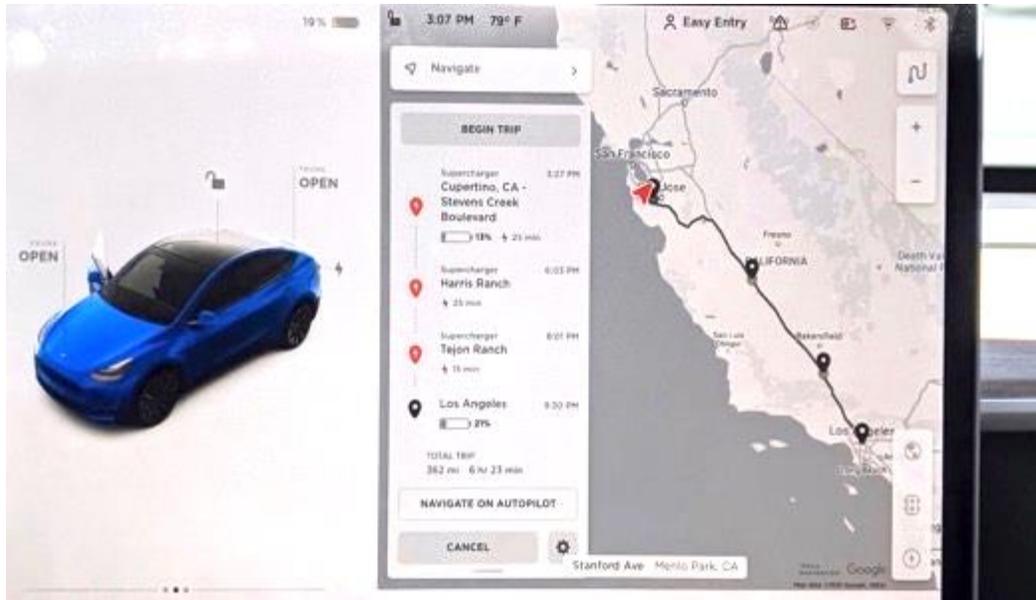
現在地の近くのスーパーチャージャーの場所と  
空き台数がリアルタイムで示される



撮影：筆者

途中で充電しないとたどり着かない長旅をする場合、EV に付いている大画面のナビに  
行き先を入力すると充電すべきスーパーチャージャーが現れる。

シリコンバレーからロサンゼルスまでは 320 マイルで 6 時間 20 分かかるが、社内の  
ナビが途中で寄るべきスーパーチャージャーを指定してくれる。走行中には別のスー  
パーチャージャーも常時表示されるので別のところに寄った場合、自動的にアップデ  
ートされる。



撮影：筆者

## 11.2 ユーザーから見たスーパーチャージャーの使いやすさ

テスラのスーパーチャージャーはユーザーから見たら他社のもの比べて非常にシンプルなのが特徴である。これはユーザーにとって使いやすいということだけではなく、次に紹介する設置コストの低さと展開の速さにも大きく関係している。

現在設置されているスーパーチャージャーは二種類の外観で、三つの充電速度を提供している。バージョン1は72kW、バージョン2と3がそれぞれ150kWと250kWで見かけは同じである。

充電器本体には電力プラグがあるのみで、クレジットカード読み取り機やICチップ読み取り機、及びディスプレイなどは一切ついていない。

最も早いスーパーチャージャーは250kWで、この	よりコンパクトなスーパーチャージャーは72kWである。
--------------------------	-----------------------------

他に見た目は同じで 150kW  
のものもある。



使い方は簡単で、EV の充電ポートにプラグを近づけるか、充電ポートを手で軽く押すか、アプリか車の本体画面で「Open port」というボタンを押すとポートが開く。プラグを差し込むだけで充電が始まる。充電を止める時はプラグのボタンを押すことでプラグがリリースされ、それを抜き取って、走り去るだけである。EV との交信は自動的に行われ、課金はEV のアカウントに登録されているクレジットカードから引き落とされる。これ以上シンプルにはできないというぐらいの垂直統合インテグレーションである。

チャージャーのケーブル  
先端をポートに近づけ  
る。



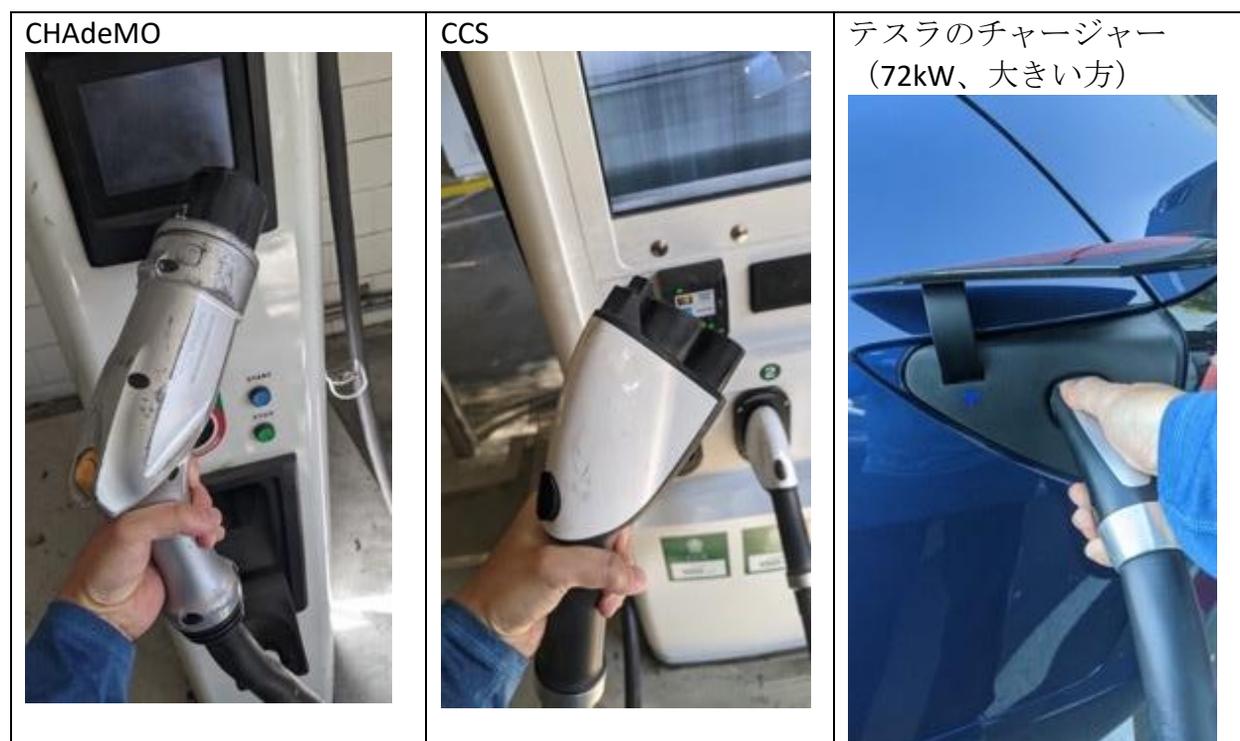
親指の位置にあるボタン  
を押すと車側が認識して  
ポートが自動的に開く。



あとはポートに差し込むだけ  
で、他には全く何の操作も必  
要がない。



このテスラのスーパーチャージャーの使いやすさは他社と比較するとシンプルさが際立つ。テスラは様々なプラグ規格が出来上がり実用化される前から独自に作ったこともあり、ユーザーの利便性を求めた結果、他に比べて非常に小さい。小柄な人やお年寄りにも使いやすい。国際標準の CCS はかなり大きく、ヨーロッパでのスーパーチャージャーは CCS を採用しているが、廃止が決まった CHAdeMO のプラグは特に大きくて重い。



しかも 72kW のプラグよりも 150 kW, 250 kW のパワフルなスーパーチャージャー Version 2, 3 の方が若干小さくなっている。圧倒的に数も使用量も多いテスラのプラグに安全性の問題は見受けられないので、大きい方が安全性が高いとも言えないはずである。

プラグの規格は各国政府の意向がありテスラ製のものが将来、世界の標準になるとは限らない。テスラは北米の正式企画に採用されようと、様々な使用をオープンにしているが、欧州の規制で既にテスラ社でも採用しなくてはならない CCS 企画が主流となる可能性もある。技術的に優れたものが標準規格になるとは限らない例だが、使い勝手とシンプルさでは、テスラが EV 高速充電器のドミナント・デザインを示したことには変わりはない。

### 11.3 スーパーチャージャー網はソーラー、蓄電池と EV の垂直統合構想

テスラの太陽光発電と蓄電池とスーパーチャージャーの垂直統合の構想は非常にわかりやすく、テスラがスーパーチャージャーを急速に展開させたため、再生エネルギーが得られるところでは新たなドミナント・デザインとなっている。

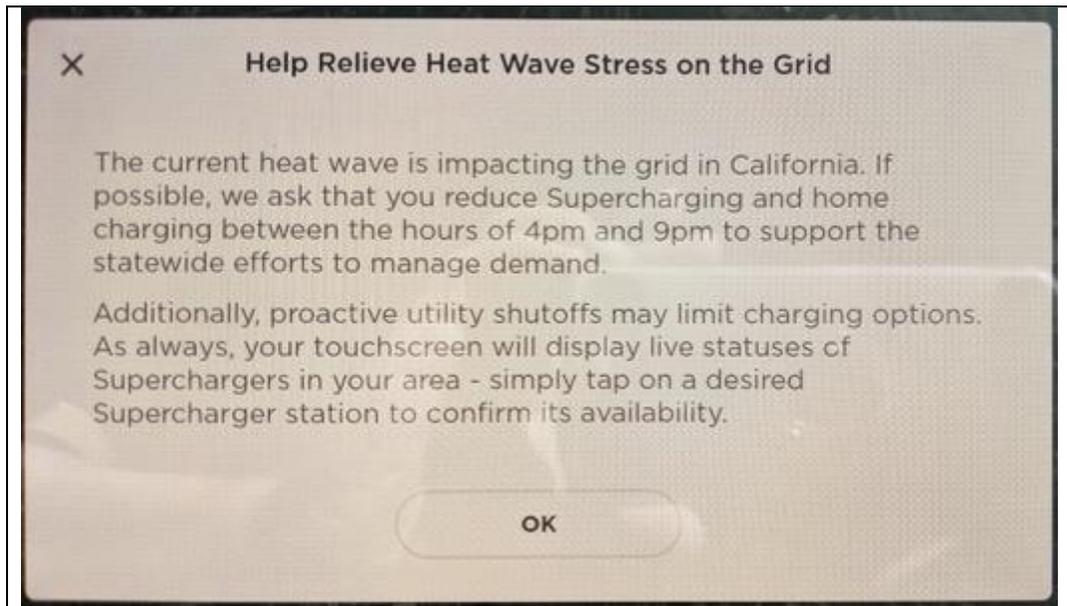
できるだけソーラーなどの再生可能エネルギーで発電し、大型蓄電池で貯めてEVに供給するというのは、テスラが地球のエネルギー改革を起こして人類を救うという目的とストーリーにぴったりはまる。初期の頃にテスラが自らの充電網を作り始めた頃のサンフランシスコとロサンゼルスを結ぶ大型フリーウェイの脇の大型スーパーチャージャー設備は、乾燥地帯の砂漠気候の荒地の真ん中に大型ソーラーパネルを日除けとしても使うような形で分かりやすく作った。

Firebrough のスーパーチャージャー



## 12. EV 充電による電力グリッドの需要のピークをシフト

テスラの EV はスーパーチャージャーと垂直統合で運営されているため、電力グリッドへの負担を考慮したユーザーの行動を促すことがある。例えば夏の猛暑で電力需要のピークが非常に高くなると予想されると、下記のような「EV 充電はオフピークでお願いします」という表示が地域の車に表示される。テスラのスーパーチャージャーの利用可能状況は常に EV の画面に表示されるので、オフラインになっているスーパーチャージャーがある場合は間違ってしまうことがない。この通知は自宅での充電もなるべく控えるように促している。



「EV が広まると電力網への負担がかかりすぎる」という議論を日本で聞くこともあるが、EV と充電網が連動していればピーク時の電力消費をマネージすることも可能となることを、テスラは垂直統合で充電網を運営していることで示している。

## Part 3: 日本への教訓：個別の業界、監督省庁が部分最適化を進めた先に大きな新しいビジョンと価値は無い

新しい技術の進展と浸透の歴史的なパターンを見ると、ほとんどの場合、技術の特性のみで決まるものではない。<sup>10</sup>例えば、コンピューターが大型計算機から膨大な変数を処理できる多目的な思考増幅ツールに発展できたのは、データベースの発明によるとこ

<sup>10</sup> Perez, Carlota. "Technological revolutions and techno-economic paradigms." *Cambridge journal of economics* 34.1 (2010): 185-202.

ろが大きく、コンピューターの基礎となる半導体の技術の進歩のみによるものではなかった。<sup>11</sup>また、コンピューター産業の発展は冷戦の最中、アメリカの軍事戦略で最重要と位置付けられ、後のシリコンバレーの中核となる半導体産業への膨大な投資とスタンフォード大学やカリフォルニア大学バークレー校への巨額の研究予算が割り当てられたことに支えられた。つまり、多くの技術は補完関係がある別の技術や政府の制度と政策、そして経済や社会的要因から多大な影響を受ける。

テスラのエネルギー事業の中核となるバッテリー技術とソーラーパネルの技術も同様に、補完関係がある別の技術や政府の制度と政策に大きく影響されている。近年、アメリカで最も人口が多い州であるカリフォルニアとテキサスは気候変動が引き起こしたと広く認識されている異常気象の影響が感じられ、カリフォルニアでは2017年から毎年、大規模な山火事が起こっており、火災リスクが高いエリアで停電が起き、テキサスでは2021年2月に立て続けに記録的な寒波が襲い、州全体の電力網が危機的な状況に陥った。さらに、2018年には北カリフォルニアのほとんどの電力を独占していたPG&Eが設備のメンテナンス不足で大火災を起こして破産し、電力会社に対する一般市民の信用は著しく低下した。これはカリフォルニアのみの問題ではなく、アメリカ全体の電力網が老朽化しているにも関わらず、設備投資をする予算が足りず、全国レベルで大規模な停電が起こっている。このため、電力グリッドからの自立が、都市部や郊外に住む人々たちにとっても問題意識となっている。このように、気候変動と電力インフラの貧弱さは、テスラが示した新たなドミナント・デザインに大きな追い風となっている。

また、2021年にアメリカ政府が、一社以上のEVメーカーが使用できることを条件に、EV充電インフラ向けの助成金750億ドルを発表した。この大型助成金を狙ってテスラが段階的に他社のEVへの開放へ動いている模様である。充実した専用充電網はテスラの比較優位であるが、テスラはすでに生産可能台数を大幅に上回る需要を抱えている。最新の一般向け量産型車であるクロスオーバーSUVのモデルYは、2022年4月の時点で、2023年の3月まで在庫が見込めないという状態が続いている。充電網を他社にも開放し、米国政府の大型補助金をもらって充電網をさらに充実させ、全国の自動車産業をいち早くEVに変えることは、「我々はエネルギー革命の触媒である」とも発言したイーロン・マスクのビジョンにも沿っている。

テスラの例が示しているように、新たなドミナント・デザインとは、現状の産業構造の中で個別の業界が部分最適化を進めていけば辿り着くものではなく、新しい、具体的なビジョンを具現化していくことから作り上げられる。新しいドミナント・デザインを作り上げて、その方向に自身が進み、他者も同じ方向に向けて先導することで、それまでの業界の常識や固定概念を覆すことがある。周辺産業にも影響を与え、業界のプレー

---

<sup>11</sup> Cohen, Stephen S., John Zysman, and Bradford J. DeLong. "Tools for Thought: What is New and Important about the "E-economy"?. (2000).

ヤーも大きく入れ替わることがあり、競争の土俵をそれまでは異なるものに作り替えるため、既存企業はディスラプトされる危険性が増す。部分最適化を得意とする日本企業は新しいグローバル規模のドミナント・デザインを作り出した例はここ数十年、なかなかない。

しかし、日本としては新しいドミナント・デザインが外から現れた場合、部分最適化をする方向性が変わったことを認識すれば、リーダーを追尾して急速にキャッチアップして実用化を急ぐことも可能なはずである。スマートフォンのように手遅れになり、コンポーネントのみでの勝負となった領域もあるが、自動車の電力化とエネルギーの送電、蓄電周りの新しいドミナント・デザインを追うことでその二の舞を踏まずに済む可能性もある。

## これからの日本にはソーラー、蓄電、EVの垂直統合が必要

現在、日本でも電力網の不安が高まっている。2022年3月に起きた地震で火力発電所が停止し、そのタイミングで襲った寒波によって東日本で電力需要が一気に上がり、需給逼迫警報が発令された。こうして節電の必要性に迫られていることはエネルギー革新への追い風である。また、公共性を重視し、「エコ」というキーワードを大事とする日本の消費者文化の一部は、新しい、具体的なエネルギー周りのビジョンと政策を後押しする可能性がある。

そこで、テスラがドミナント・デザインを示した、蓄電池や、バーチャルパワープラントがこうした事態に対する解決策となりうる。テスラのエネルギー事業から得るべき教訓は多い。

テスラはエネルギー事業とEV事業の極めて強い補完関係を示すことに成功しており、これは自動車産業とエネルギー産業の補完関係を示している。ユーザーの視座から見ると、EVとソーラーパネルは非常に補完関係が強い。人口全体におけるEV浸透率はまだ低いので、セレクションバイアスがあるが、EV所有者は、ソーラーパネルを設置済み、または設置の検討している人が過半数であるという調査結果がある。そのため、EVの市場が発展すればするほど、テスラが実現している垂直統合のソーラーパネルと蓄電が魅力的となり、需要が加速する。逆に、単体のソーラーや他のものと簡単に連動できない家庭用蓄電池などの魅力は一気に薄れる。

特に、アメリカ各地で未計画停電が起こる中、ソーラーパネルと蓄電池でグリッドに依存しないテスラのビジョンが魅力的となり、アメリカで導入が一気に進むとコストやノウハウも溜まり、日本を含む他の市場にも影響を及ぼす可能性が高い。

日本でも、エネルギー事業とEV事業を併せて発展させていく必要がある。ユーザーの視点からは、エネルギー業界と自動車業界の境界線はなくなっていく力学はすでに

テスラ周りでは動き始めている。現在の日本ではエネルギー産業は国内向けの側面が強いが、日本の自動車産業だけではなく、保険業界なども海外市場の重要性が高まっている。エネルギー産業では、日本国内に多くのスマートシティー構想や制度があり、様々な企業がこれらに取り組んでいるが、日本国内のエネルギー産業が独自の方向に進むと、ガラパゴス状態になり、ディスラプトされる危険性が高まる。海外市場で稼がなくてはならない自動車産業は、国内産業を海外事業への跳び箱として使えない場合、日本市場と海外市場を分けて展開すると規模の経済を追求する他のグローバル企業との勝負が難しくなってくる。

これまでは別々だった産業の境界線が低くなると、日本国内の制度設計にも影響し、行政の縦割りを減らして産業の融合と相互作用を促進できる仕組みが必要となってくる。行政の既存の縦割りは部分最適化には適しているかもしれないが、複数の業界を跨いだ制度やロジックには適していない場面が増える。この縦割りと部分最適化を打破して横断的な枠組みを作るには政治リーダーシップも必要となる。

## 今後の進むべき方向性

最近、日本でも、トヨタの家庭用蓄電池の提供や上述したスマートシティー等、エネルギー事業での進展が見られる。しかし、これらの単独の技術やスマートシティーが独自に発展するのみで、テスラが世界に示しているドミナント・デザインに置いていかれないか、懸念が残る。テスラはエネルギー事業のあらゆる領域におけるドミナント・デザインを示しており、今後は、テスラが作り出した技術の使われ方のバリエーションが固定化されていく。つまり、日本が歴史的に強みとしているオプティマイゼーションの時代に入る。これからは、独自の技術を作り出すのではなく、既に形成されているドミナント・デザインを用いて、これらを改良・適応していくことに全集中していくべきである。

## 付録 1：テスラのソーラーパネル：基本的な機能、単独で自社製造

テスラのソーラーパネルは通常の自宅の屋根に設置するもので、400W の出力、可動温度領域は-45F から 185F（約-43℃から 85℃）であり、インバーターは 97.5%の効率で

3. 6kW/7.2kWである。25年の性能保証である（インバーターはその半分の12.5年の保証である）。テスラは2016年から2020年までニューヨーク州バッファロー市の工場でパナソニックと合同でソーラーパネルを作っていたが、2020年からは単独で作っている。



Source: Tesla

## 付録2：ソーラーパネルのサブスクリプション・モデル

テスラは2019年にソーラーパネルの販売にサブスクリプション・モデルを導入し、消費者の敷居をさらに低くした。ユーザーには設置費用もかからず、使用期限を定めた契約も無いサービスであり、月々の定額支払いのみの形となった。ソーラーパネルで発電した電力を光熱費に当てることができ、ユーザーとしてはコスト計算が非常に簡単である。初期の設備投資の回収を気にせずに電気料金と発電から見込める収入を比べれば良いのである。

サブスクリプションを始めたことで浮き彫りになったのは、ユーザーの視点から見るとソーラーパネル設置の最も大きな障壁が初期の設備投資だということである。リースで初期の設備投資を実質的に分割で払うということが可能だが、長期契約無しのサブスクリプションはさらに手軽さを一歩前進させた。ソーラーパネルの「レンタル」と呼ば

れることもあるが、基本的には撤去費がかかる（テスラはこの撤去費については利益を上げてないと発表した。つまり本当に撤去にかかる費用だけだとの主張である）。これらのパネルをサブスクリプションではなく購入する場合、2019年の価格でそれぞれ3万ドル、2万ドル、1万ドル（設置費用込み）であり、サブスクリプションの場合、州や連邦政府からのインセンティブ払戻金はテスラのものとなる。

ユーザーから見ると、電気代が月50ドル以上というのはマイホームを所有している人ほぼ全員に当てはまる状況である。発電される電力が一年と通して月平均50ドル分以上になれば、必ず元が取れるという分かり易くて魅力的な料金設定となった。もちろん、発電量が一定程度以上で長期間使うなら、あるタイミングで所有した方がサブスクリプションよりもリターンが高くなる。しかし、1万ドルから3万ドルの前倒しの出費がないことや、固定期間のリース契約に比べてさらに月額が安いという手軽さは非常に魅力的だった。

このサブスクリプションサービスを発表した2019年は、テスラのソーラービジネスがSolar Cityのものから大きな方向転換をする最中のタイミングだった。Solar Cityが行っていた大手ホームセンターチェーンのHome Depotでの店頭販売の廃止し、人海戦略営業からビジネスモデルを変換した。テスラは広告も打たず、代理店販売も行わず、ウェブサイトのみから注文を受けるモデルに切り替えて、利益率の上昇と引き換えに導入件数が一旦減った。Solar Cityのシェアが全米でナンバーワンだったのが3番手に落ちたタイミングだった。このサブスクリプションサービスはアリゾナ、カリフォルニア、コネチカット、マサチューセッツ、ニュージャージー、ニューメキシコの六つの州で展開された。

テスラ全体で見たら2018年と2019年は量産型EVのモデル3の生産体制を構築することに社運をかけて注力を注いでいたので、ソーラー事業は後回しにしていた側面もあった。それにもかかわらず、新しい取り組みを行っていたわけである。

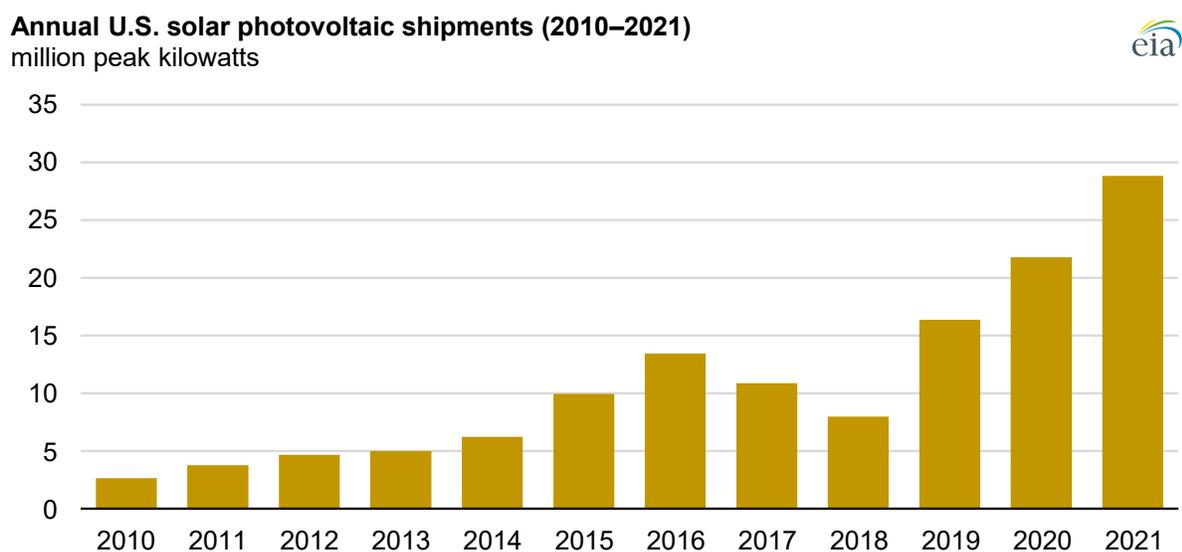
2019年からテスラの家庭用ソーラーパネル設置は急激に伸び、ユーザーの多くは何ヶ月も待つ状況が続いた。ソーラーの導入をメガワットで数えると2019年の150MWから2020年には205MWまで到達し、2021年には345MWとなった。

テスラは2021年の9月にサブスクリプションのオプションを休止した。コロナや後ほど紹介するカリフォルニアとテキサスなどの大規模な電力網へのダメージ、「未計画停電」によってソーラーパネルの需要がテスラの供給能力を完全に上回り、あえて参入障壁を下げる必要がなくなったからだともみなされている。同時にテスラは自社のみで設置を行う形態からサードパーティーの設置業者を含む「テスラ・エナジー・エコシステム」を構築していると発表し、設置能力の拡大に励んだ。2022年3月現在、ソーラーパネルはキャッシュの直接購入とローンの二択となっている。

## 付録 3:アメリカのソーラーパネル市場の概要

アメリカ政府の Energy Information Administration (EIA)によると、アメリカ合衆国での住宅ソーラー設置が2020年の2.9ギガワットの発電量から、2021年には34%増えた。2021年の発電容量は2010年の約10倍と、急成長を遂げてきた。

図表：アメリカのソーラーパネル出荷発電量

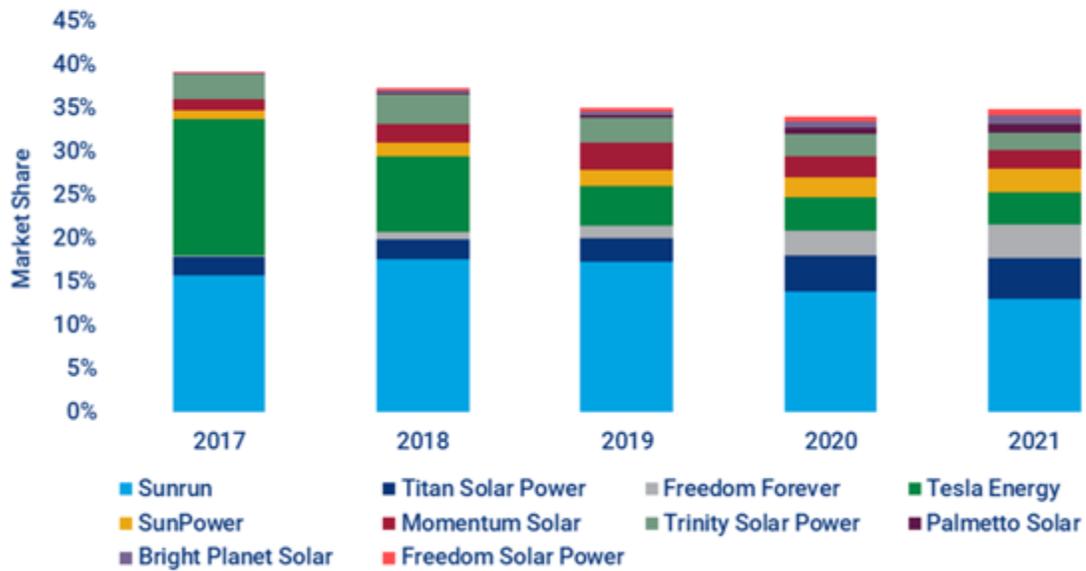


<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=53679>

急拡大するアメリカのソーラーパネル設置市場で、設置業者としてのテスラのシェアは落ちている。テスラ自体の設置規模は増えているが、急速に伸びる市場でのシェアは急速に落ちた。シェアではリーダーの Sunrun 社は、ソーラーパネルと併用して設置する蓄電池にテスラの Powerwall を採用していることは注目に値する。

図表：アメリカのソーラーパネル設置業者マーケットシェア（2017-2021）

## Top 10 solar installers by US market share 2017-2021



Source: Wood Mackenzie US PV Leaderboard

<https://www.woodmac.com/news/opinion/competition-heats-up-for-the-top-three-us-residential-solar-installers/>