

2-5 エレクトロニクス技術と車社会の変革

Electronics on the Revolution of Automotive Society

高橋常夫

1. 電子情報通信技術のインパクト

トランジスタ、集積回路の登場でエレクトロニクスが開花し社会に変革をもたらした。1950年代後半の日本では、白黒テレビ、洗濯機、冷蔵庫の家電が三種の神器と言われて一般家庭に広く普及を始めた。1960年代半ばの高度成長時代には、カラーテレビ、クーラー、車の3種類の耐久消費財が新三種の神器いわゆる3Cと言われ、多いに需要が喚起されて高度成長期の一翼を担った。日本の産業は大きく発展し、エレクトロニクス技術はICそしてマイクロプロセッサの登場により社会の隅々にインパクトを与え電子立国日本と称される時代を切り開いた。

コンピュータはオフィスや社会を変え、インターネットは人々を有機的に結合し、高度情報化社会へと向かい始めた。各家庭はネットワークでつながる情報家電の時代、そしてHEMS (Home Energy Management System) 家電時代へと進みつつある。‘もの’作りの工場は、FA (Factory Automation) やPA (Process Automation) による生産プロセスの発展を経て、今後はIoT (Internet of Things) による新しい生産プラットフォーム実現に向けて、Industrial Internet がイノベーションを起こしつつある。電子情報通信技術は、‘ひと’や‘もの’の全てを情報生成から情報流通、そして更なる情報価値再生の循環プロセスでビッグデータ時代をもたらし、人工知能の加速要因となる。

数多くの研究開発者が脈々とここまで築き上げてきた電子情報通信技術は、それが社会や人々に与えたインパ

クトを振り返るとき、実に畏怖の念を覚える。今後、その技術進化のスピードは更に加速され、社会はシンギュラリティに遭遇することになるのか、そしてその先はと、研究開発者たちの議論は果てしなく続く。

2. 未来は過去の中に

エレクトロニクスイノベーションの一端を過去の中から少し振り返ってみると、今も変わらぬ夢への想いが浮き上がってくる。

1883年、エジソン効果が発見された。その年エジソンは以前に自分が発明した炭素フィラメント電球の寿命を増す取組みの中で、白熱フィラメントの入った真空エンベロープの中に金属電極を取り付けた。そして電極に正電圧を印加すると、電極とフィラメントの間の真空中を電流が流れることを発見した。この現象こそ、全ての電子管の基礎であり、固体電子工学以前のあらゆるエレクトロニクスの基礎となるものであった。そして、1896年にマルコーニとポポフが無線通信に成功し、1906年にはリー・ド・フォレストが三極管を発明した。これらのマイルストーンを経て20世紀の産物としての電子工学が本格的に幕を開けた。

1930年、米国はもちろん第二次大戦まで続く長期の不況に世の中は見舞われていた。そのような中で、アームストロングはニューヨークの研究所でFMの研究に没頭していた。ツボルンはRCA社でテレビを完成させていた。そして、ベル研ではハロルド・S・ブラックが負帰還 (ネガティブフィードバック, Negative Feedback) を発明したと発表した。

負帰還増幅の発明者と言われるブラックは増幅回路、多チャネル電話電信通信システム、パルス位置変調 (PPM) やパルス符号変調 (PCM) 無線中継システムなどの研究開発に携わり、とりわけフィードバック及び

高橋常夫 正員 (株)エヌエフ回路設計ブロック
E-mail takahashi-t@nfcorp.co.jp
Tsuneo TAKAHASHI, Member (NF Corporation, Yokohama-shi, 223-8508 Japan).
電子情報通信学会誌 Vol.100 No.6 pp.455-460 2017年6月
©電子情報通信学会 2017

フィードフォワード回路の研究者として著名で、中でも負帰還増幅における今日の電子回路設計技術への貢献が大きい。

この負帰還技術は日本でも急速に注目を浴びた。当時東京工業大学で負帰還増幅研究の第一人者であった北野進がエヌエフ回路設計ブロックという Negative Feedback の NF の二文字を社名に冠した大学発のベンチャーを起業するなど、日本においてもエレクトロニクスイノベーションをもたらした。

この原理は、増幅器の出力信号の一部を入力回路に逆の位相で戻すフィードバック制御であり、通信以外の分野でも広く使われている技術である。ブラックの著によれば電話中継用の高性能増幅器の開発に腐心していたニューヨーク時代、フェリーボートに乗って出勤する途中、出力を逆相に帰還すれば必ずみが極めて少ない安定な増幅器ができるはずだとひらめいたという。研究室ではなく通勤のフェリーボートでひらめいたアイデアであった。ブラックは、この負帰還回路が幅広い用途を持つだろうと確信していたが、ほとんど全ての通信制御システム、無線から自動操縦、コンピュータなどにわたる広大な応用が開けようとは予想しなかったし、ある晴れた朝の通勤途上浮かんだ着想が巨大な影響力を持ったことは非常に満足すべきことで、後の半世紀の技術革新に重要な役割を果たしていることを誇らしく思うと記している。

本会誌の1000号記念特集のタイトルは「夢・創・想・感」であった⁽¹⁾。

これを実現してみせたいという強い「夢」や「想」、それを抱き続けているブラックの日々であったからこそ通勤フェリーボートでの「感」があり、偉大な「創」につながったのであろう。

3. 車とエレクトロニクス

3.1 電気で実用的な車が誕生

現代社会の私たちの基本生活を支える衣食住+移において移動の発展をもたらした自動車や車社会においても、電子情報通信技術が果たした役割は大きい。

表1に自動車の歴史を示す。自動車が誕生したのは、1769年。フランスでニコラ・ジョセフ・キュニョーにより馬の代わりに蒸気で走る自動車が発明された。その後ワットが新方式の蒸気機関を開発するなどして技術が向上し、馬車から機械だけで動く自動車の幕開けとなった。

電気自動車の歴史は、ガソリンエンジン自動車より古い。電池は1777年、モータは1823年に発明されており、1873年にイギリスで電気式四輪トラックが実用化されている。史上初の時速100kmを超えたのは電気自動車だった。1886年には、ゴットリーブ・ダイムラーが四輪のガソリン自動車を開発し、同じくカール・ベンツも三輪のガソリン自動車を完成させ販売した。

自動車の大衆化の象徴であるT型フォードは、ヘンリー・フォードが1903年にフォード・モータを設立し1908年に登場した。

自動車の大衆化に大きな一助となったものがある。当時はエンジンを掛けるために重いクランクハンドルを老若男女を問わず力一杯回して始動しなければならなかった。時にはクランクハンドルが逆回転して骨折や死亡なども発生していた。1912年キャデラックに採用されたモータ式のセルフスタータの発明で自動車はいつでも・どこでも・誰でもが利用できる実用的な道具となった。車の誕生期から電気が大きな役割を果たしていたことがうかがえる。

表1 自動車の歴史

年	自動車史	主な出来事
1765 1769	ワットが蒸気機関を改良開発 キュニョーが蒸気自動車を発明	
1876 1886	オットーがガソリンエンジンを発明 ダイムラーがガソリン四輪自動車を開発	
1903 1904 1908	初の国産車「山羽式乗合自動車」製作 T型フォード発表	ライト兄弟の初飛行 日露戦争勃発
1912 1913 1914 1929	キャデラックがセルフスタータを採用 フォードがベルトコンベヤ方式を採用	第一次世界大戦勃発 世界恐慌
1933 1937 1939	日産の前身である自動車製造株式会社発足 トヨタ自動車工業設立	第二次世界大戦勃発
1945 1948	本田技研工業設立	太平洋戦争終結

3.2 カーエレクトロニクスが開花

ベル研究所にて1947年にバーデインとブラッテンが点接触トランジスタを、翌1948年にショックレーが接合トランジスタを発明した。そして、1958年にTI社のキルビーがICを発明し、これらの半導体素子がエレクトロニクスの進化を加速させることになる。

半導体が車を動かすための部品として利用されるようになったのは1960年代に入ってからであり、オルタネータ（交流発電機）への整流用Siダイオード、イグナイタ（点火装置）の電気接点にパワートランジスタが採用され始めた。

自動車にエレクトロニクス導入を加速したのは1970年代のマイクロプロセッサそしてマイクロコンピュータ（マイコン）の登場であった。その当時、排気ガス規制などの背景となった環境問題や渋滞問題、交通事故等に対する安全問題などの課題への対応にはエレクトロニクスが必要不可欠な技術となっていた。マイコンを使った制御装置（ECU: Electronic Control Unit）による排気ガス低減のためのエンジン制御、トランスミッション（変速機）制御、アクティブサスペンション（電子制御式車体姿勢制御）、などの取組みが本格的になり、1980年代にはABS（車輪ロック防止装置）、そしてカーナビゲーションシステム（カーナビ）の登場など、カーエレクトロニクスに従事した技術者たちは車の機能・性能の改良や新機能の創造に大きく貢献した^{(2)・(3)}（図1）。

1970年代初頭に、日本向けの電卓用LSI開発を契機にマイクロプロセッサが米国から登場し、エレクトロニクス市場に大きなインパクトをもたらした。JSAE（自動車技術会）において、いち早くエレクトロニクス専門

委員会を設立した東大の原島文雄（現東大名誉教授、前首都大東京学長）はマイクロプロセッサ技術講習会を広く自動車技術者のために開講した。マイクロプロセッサの要素技術としての応用波及性に見先性をもって早くから着目し、自動車への新機能創造を志す技術者の養成を目的としたもので、参画した自動車技術者にとってはカーエレクトロニクス開花に向けての松下村塾的な存在であった。ここでの啓発を受けた技術者が新しい機能創造への想いを抱き、排気ガス対策のエンジン制御やカーナビをはじめ数々の新しい取組みに向けて、この専門委員会の場から巣立っていったと言える。

3.3 カーエレクトロニクスの過酷な環境

1960年代、この頃マン島TTレース（イギリス王室所属のマン島で開催されるオートバイ競技“The Isle of Man Tourist Trophy Race”）にいち早く半導体式点火装置を採用した電装技術者は、走る実験室と言われるレースを目前にして、高速試走中に突然壊れたトランジスタの山の前で目を真っ赤にして原因追究と対策に追われて徹夜の日々であった。定地での実験では予想し得ないレベルの過渡的な高電圧逆サージが走行中に発生しトランジスタを破壊した。機械屋が車への電気導入に対し不信感を募らせる中で、電気屋は車特有の環境下での電気の信頼性技術を追求し不信感を払拭していく地道な努力を積み重ねた。

車は様々な環境下でも乗員の安全・安心を担保する機械であり、そこに応用されるエレクトロニクス部品や装置にも同様に必要不可欠な前提条件である。

半導体を応用して機械式よりも高機能・高性能な装置

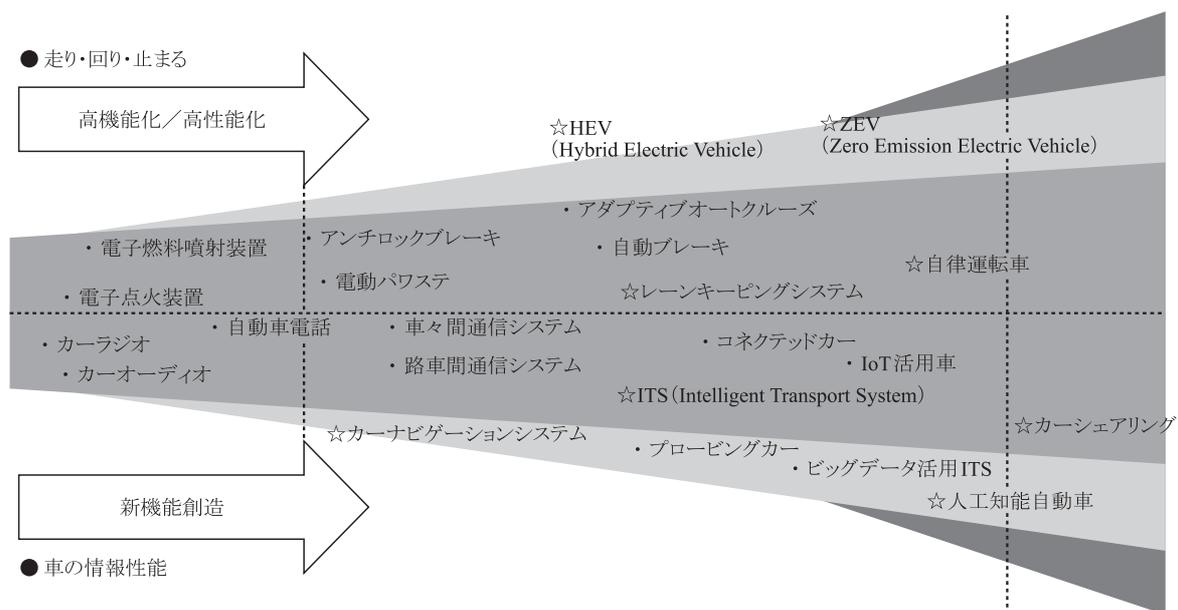


図1 エレクトロニクスによる車の進化

を開発しようと当時チャレンジするエレクトロニクス技術者に対し、半導体にとって過酷な環境条件が待ち受けていた。温度はエンジンルーム装着では-30度から+110度、湿度95%以上で被水があり、サージやEMC (Electromagnetic Compatibility)、塵埃、塩害や硫黄などの環境にもさらされ、10数年以上の長寿命で品質を担保する未体験の取組みであった。

1960年から1970年代に掛けては、多くの研究開発者がカーエレクトロニクスを開花させた時代であったが、同時に車載用エレクトロニクスにおける環境条件、試験条件、信頼性設計などの重要な技術課題に取り組んだ時代でもあった。車載用は宇宙航空用に迫る信頼性・安全性への要求レベルが求められ、設計から生産そして材料に至るまでの幅広い品質取組みが基盤となって車載用の新機能創造が実現可能となった。

4. カーナビとクルマ社会の変革

4.1 カーナビの誕生

1974年、カーメーカの研究所の一室にジャイロが持ち込まれ、車への応用の議論が白熱した。そして、車載用ジャイロ（ヨーレートセンサ）の開発と自動車への新機能開発の研究チームが発足した。従来の車の制御システムとは全く異質の開発で、当時GPS (Global Positioning System) はいまだ計画途上であり、自己位置標定は航空機と同じように自律形の慣性航法で実現させようとする自動車用慣性航法システムへのチャレンジであった。自動車がハンドルの操作で方向変化をするときのヨー方向の角速度変化とタイヤの回転量を基準に、マイクロコンピュータで慣性航法計算や各種の累積誤差補正処理を行い現在位置の推移を刻々標定し地図位置と対比表示する世界初の地図表示型カーナビゲーションシステム (図2) として、1981年、「ホンダ・エレクトロ・ジャイロケータ」の商品名で発表された。システム構成



図2 世界初の地図表示型カーナビ

に必要な大容量記憶媒体や地図表示用液晶表示デバイスも供給されていない時代背景であったが、いち早く世にないシステムを実現したいという想いで、未成熟な表示技術に工夫を凝らし、ブラウン管に走行軌跡を表示し透明フィルムの印刷地図をオーバーレイするという表示構成を取り、現在位置表示と組合せて表示の拡大・縮小・回転操作を伴うカーナビの基本構成を備えたシステムを実現させた (図2)。当時の航法計算用のマイクロプロセッサとしては最高レベルであった16ビットCPU (32ビット倍長演算機能、8ビット外部バス) を用いたが、二重積分を含む航法計算誤差やセンサからの累積誤差解消の補正処理アルゴリズムや高速走行時でも表示計算処理が遅れない工夫等など、現在のCPU能力では何でもないような技術課題に当時は悩まされた開発であった。インパネへのブラウン管搭載としても初チャレンジであり、防爆安全構造に幾つもの工夫と実験を重ねることもあった。

日本のカーナビは、1987年にはトヨタがCD デジタルマップを用いた「エレクトロマルチビジョン」発表、1988年に日産がマップマッチング技術を用いた「マルチ AV システム」発表、そして1990年マツダがGPSを用いた「ユーノコスモ」を発表し、カーナビは車の情報化のプラットホームとなっていった。

その時代に手にある素材や要素技術をいろいろ工夫を重ねて応用し、その時代の新価値創造につながる機能を実現しようとする熱い想いが電子情報通信技術の研究開発者たちにみなぎっていた。電子情報通信技術で日本の産業は、電子立国日本として世界トップにまで飛躍し、産業界では“匠の時代”という言葉が流行し、街にはインバータゲーム機が登場し始めた頃であった。エレクトロニクス技術は、当時の安全・渋滞・公害など社会的な課題解決の必要性を背景に、着々と自動車産業にも浸透し車の変革を加速していった。

4.2 車社会の変革

当初カーナビの開発は、見知らぬ所にドライブするときの目的地への誘導や、交通渋滞に対する総合的な移動効率改善のための経路誘導・交通管制などを目的として開発が活発化した。移動体通信技術の応用発展とともに人と道路と車の間で情報通信を行い交通事故・渋滞・環境対策などの課題解決をするためのITS (Intelligent Transport System, 高度交通システム) への世界的な潮流の中でカーナビは交通情報提供の重要なヒューマンインタフェース手段となった。そして、交通社会のマクロな状況把握のためのネットワーク情報端末として必要不可欠な位置付けを形成することになる。

個々の車の走行環境情報をネットワークにアップするプロービングカーとして車を位置付けた取組みは、交通システムにおいてカーナビと路車間通信を備えた車の全

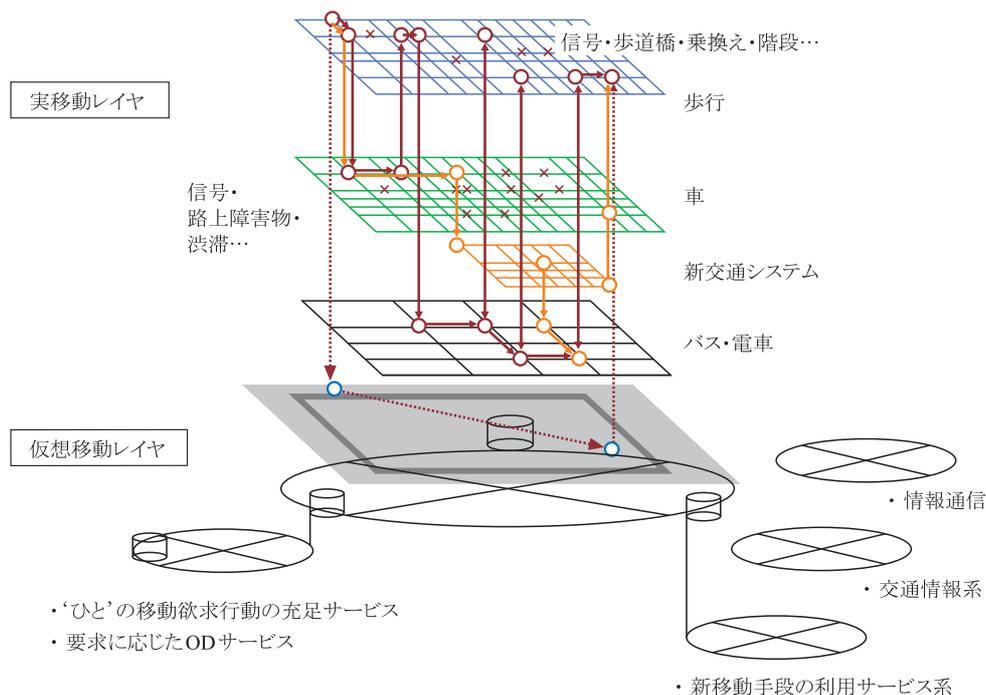


図3 多次元移動社会 車などでの実移動と移動の目的達成のための仮想移動を使い分ける。

てを走る情報センシング端末とし、走行中の個々の車の現在位置と各種の属性情報を時系列データとしてロギングし、交通環境のビッグデータを構築する時代となる。その結果、全ての交通環境属性データは、位置情報を基本にマクロからミクロまでの応用を展開するようになる。また、日本における準天頂衛星の配備計画は車の位置情報をより精度高く把握可能とし、自動運転にも有益なものとなる。

カーナビはもはや新機能創造の対象ではなく車や車社会が環境対応とともににより安全安心に発展していくための自己位置標定の基本情報機能となっている。

エレクトロニクスが今日まで車を進化させてきたが、現在の車はもはや個としての車の進化だけではなく、全体論としてもマルチモーダルや各種のカーシェアリングなど交通文化の変革へと向かっている。車のハード自体も環境対応の中で電気自動車へと変化し生産構造も大きく変革する。

車社会はドライバが運転して目的地まで走る Fun to Drive から、移動の目的を達成するための手段としての意味的価値の位置付けを拡大させるようになる。図3に実移動と仮想移動の混在する交通社会の概念図を示す。移動の目的を仮想移動によって代替実現する移動次元も登場するかもしれない。ショッピングや観光などはバーチャルな空間移動を通してその目的が達成される社会となり得る。バーチャル移動空間のデータに時間の次元を追加し、過去の空間を仮想観光ドライブする可能性もある。観光だけでなく、災害地域の救援活動等において災

害前の移動空間情報を参照しながらの救助復旧活動移動などの応用も登場し得る。これからの100年に向かって、次世代ITSも電子情報通信技術の進化で、実移動から仮想移動までの多次元な対応を展開し、私たちは異なる次元の交通文化の中で暮らしているかもしれない。

5. 夢・発見・Dash

負帰還の発明者ブラックは、通勤フェリーの中で発見への方策をひらめいた。この頃は、マルコーニとポポフの無線通信成功から、フォレストの三極管の登場があり、電子工学の体系が始動し未来志向の研究者たちの活発な時代背景があった。その活発な時代の要請が、電話通信でのひずみが小さく安定した増幅器を実現してみせるという強い想いをブラックに抱かせ続け、その夢の実現への方策のひらめきをもたらした。次の世代へのマイルストーンを刻む発明につながった。フェリーが作る波の川面を見てひらめいたのか、たまたまフェリーの中にいただけだったのか、ひらめきのきっかけはさておき、強い想いは理想化された夢として共有されて素晴らしい研究仲間や環境やそして運をも引き寄せる。

エレクトロニクスが車や車社会にもたらした数々の変革を振り返るとき、これからの100年に向けて車社会にも異なる次元の変革の芽が、電子情報通信技術者たちの研究開発の現場に発芽し始めている感を覚える。

図4での「思う」は田という足元の地面にしっかりと思惟の目線が向けられて現状の分析がなされることであ

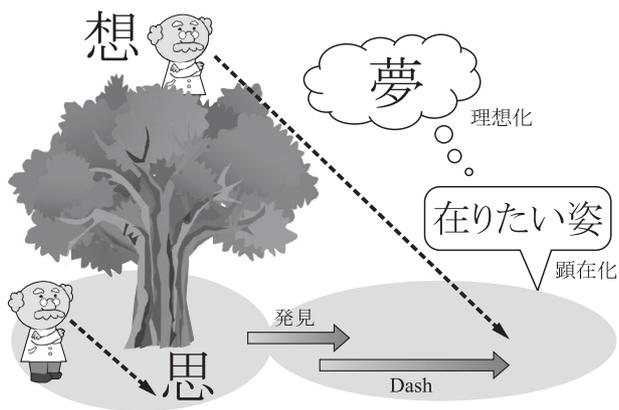


図4 夢・発見・Dash

り、「想う」は木の高い所に目をおいてしっかりと思惟の視線を未来に向け、在りたい姿を繰り返しサーチすることである。これからの電子情報通信技術を担う研究開発者の皆さんは、創り出したい「在りたい姿」を「夢」として理想化し、それを目指しての強い「思い」を抱き続け、その方策を地道に日々「思い」続け、方策を発見したら思いきり Dash をして下さい。これからの電子情

報通信技術の100年の道筋に、後進へのマイルストーンを皆さんが刻むべく、数々の成果を上げられることを大いに期待したい。

文 献

- (1) 1000号記念特集, 信学誌, vol. 90, no. 9, Sept. 2007.
- (2) T. Takahashi, "The history of and prospects for ITS with a focus on car navigation systems," IEICE Trans. Fundamentals, vol. E98-A, no. 1, pp. 251-258, Jan. 2015.
- (3) 高橋常夫, "通信技術のITSへの応用と課題, 普及・発展のシナリオー普及・発展のシナリオへの取組みー," 信学技報, ITS 2002-41, pp. 75-79, Nov. 2002.

(平成29年1月16日受付 平成29年1月30日最終受付)



たかはし つねお
高橋 常夫 (正員)

昭45 阪大・工・電子卒, 昭59 本田技術研究所主任研究員, カーナビ・車制御システム研究, 平4 和光基礎技術研究センタ上席研究員, 車載半導体・ヒューマノイドロボット・自動運転・ITS研究, 平16 エヌエフ回路設計ブロック代表取締役社長, IEEE, 自動車技術会各会員, 昭59 SICE 技術賞, 平25 IEEE Medal for Safety and Environmental Technologies 各受賞.