

Title	インフラメンテナンスのための“電磁振動転圧機”の開発
Author(s)	苗村, 昭夫
Citation	年次学術大会講演要旨集, 38: 1074-1079
Issue Date	2023-10-28
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/19229
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

インフラメンテナンスのための“電磁振動転圧機”の開発

○苗村昭夫 (株式会社ユニックス)

seed@unics-co.jp

1. はじめに

弊社は、ロボットやパーツフィード等幅広い産業分野において、耐蝕性は無論、耐摩耗性・高摺動性・防振・防音性などの高機能特性塗装を主とする塗工企業である。同時にこれらの高機能性の更なる特性向上や新機能開発などの研究開発とその塗料製造も行っている。一昨年（2021年）本学会の第36回年次学術大会に於いて「地域中小企業集団によるインフラメンテナンス国策事業への挑戦」と題し講演の機会を頂きました。これは弊社が得意とする「鉄橋等の金属部防錆補修塗装工事」及び、過去の開発実績ある「アスファルト転圧機」のバージョンアップと、自動車業界で急激に進んでいる「EV電動車両」の流れに合わせた、「充電機搭載アスファルト転圧機」の開発を計画し、地域企業のグループリーダーとして表題にある“国策の膨大なインフラメンテナンス推進事業”の実現に向け活動をスタートしていた。

しかし時代のいたずらであろうか？“新型コロナの蔓延”は、世界の経済にも大きなマイナスを生じ、又、“新型コロナウイルス”は、このプロジェクトを企画・推進の旗頭であった元関西大学 大西正曹名誉教授の命まで奪ってしまう事態に至り、グループの活動は事実上解散状態となった。

この様な状況下ではあったが、一昨年2021年12月に弊社単独で「事業再構築推進補助金制度」に挑戦、事業計画名として「CO₂ 排出零に繋ぐ充電式道路補修転圧機製造販売で事業再構築」を提案・採択され、本年1月の事業期間まで開発を行ってきた。残念ながら機器開発は完成にまで至っていないが、補助金事業終了後からも現在まで自費を投じて又、大阪科学技術センターの専門家チーム“ATAC”に有料技術支援を仰ぎながら、独自開発を続けている。アスファルト転圧機と言えば周知のとおり“ガソリンエンジン”が駆動源であったが、転圧機駆動源は、これまでは全く応用されていない“電磁石振動”の活用方式（特許2件登録済）を中心に研究開発を進めているが、現在は知識能力不足の為もあり難関の壁に当たっている。又、この壁を乗り越えられなかった場合を想定し、これまでの回転式加振機を進化させた“電動機内臓加振機”の開発も並行して進めている。何れの振動転圧方式を採用することになってもこれまでの土木建設工事機器には無かったもので、これまでも問題とされている“CO₂ 排出 ・エンジン騒音 ・危険な補給ガソリンの携行 ・アスファルト付着問題”等々、を解消する「次世代型道路補修転圧機」を来る2025年“関西大阪万博・大阪館”への出展実現と、同万博協会が目指す2030年度までの実現・製品販売構想に挑戦し、事業再構築補助金採択を頂いた目的達成の覚悟をもって研究開発を進めている。これは今学術大会のホットイシュー「スタートアップと地域創生」につながる事業推進であると確信、以下これまでの経緯と今後の計画を報告するものである。

2. ユニックスの事業再構築に取り組む業界の現状把握と姿勢

2-1 ポリウレタン塗装業界と現状

弊社は既述の通り高機能ポリウレタン塗料製造と塗装を行っているが、この業界を含め4年前からの新型コロナウイルスによる世界的な経済低迷の渦は未だに目立った回復基調には至っていない。弊社が

顧客とする各種産業界においても同様で特に、自動車業界のEV車両変革は幅広い分野での産業異変を伴って、その影響はここに来て明白になりつつある。中でも機械部品の減少は顕著の様で、弊社が扱う自動車部品用パーツフィードボウルの塗装依頼が減ってきていることで確認できる。さらに、半導体を含む電子部品関係のパーツフィードボウルに於いても今一つ活気が見えていない。中国経済の低迷の影響が大きい中、約 14,000 社近くの進出日本企業（2022 年帝国データバンク）は、給料の上昇や政情も含めて海外拠点をベトナムなどのアジア各国に移転することが進みつつある事も関係している様である。この様な状況下で弊社はもともとパーツフィードボウルの塗装が売上の柱であったのが減少傾向にあり、機械器具の他、鉄橋等の補修塗装などの公共事業分野も模索していく必要に至ってきている。これ等は一昨年に事業承継が完了し、町田新社長の下で中長期事業計画の戦略基幹として検討・立案・実行して頂き、事業の再構築を目指して行くものと期待している。

2-2 建設機械業界の推移と現状

パーツフィードを中心として成長した“高機能ポリウレタン塗料・塗装”を活かしながら、再び新たな挑戦としてインフラメンテナンス事業化への参入を計画・推進するにあたり、インフラメンテナンス業界特にアスファルト道路転圧機を中心とした小型転圧機（国土交通省は“平板式締結機械”と表記）分野の過去及び現在の実態を把握し、将来を推測した事業計画が必要である。その意味において、国土交通省が取り上げている建設機械工業会発表の生産実績（台数・金額）を調べた結果、表 1 の推移が確認された。

（表 1） 道路機械：平板式締結機械生産実績

この表 1 実績数値は、年度別推移を表しており、マイナス年度もあるが全般的に年々の上昇が目立つ傾向にある事が判る。要するに建設業界に於いては、時代の浮き沈みにはあまり左右されない“インフラメンテナンス”と言う、国家事業に大きく支えられている事業分野であることが推測できる。この分野の建設機械メーカーは大企業分野で有り、小企業の進出が難しいと考えられているが、昨今の工業新聞に於いて、CO2 削減を旗頭に“環境対応電動建設機械”の発表が多く見受けられる状況であり、今後成長する分野と期待している。

年度	生産台数	金額 (百万円)	伸び率 (前年比%)
2016 年	50,603	15,976	
2017 年	54,783	17,682	+10.6
2018 年	62,504	18,869	+6.7
2019 年	54,893	16,800	-11.0
2020 年	50,881	17,184	+2.3
2021 年	70,337	20,091	+16.9
2022 年	64,879	18,353	-0.9
2023/3 か月	14,782	4,084	(-11.0)

この様なインフラメンテナンス事業は、先進国は日本同様の状況下であり又、発展途上国に於いてのインフラ建設事業は交通機関を中心に大きく前進・発展に功を奏している事実も見逃せない。

2-3 インフラメンテナンス事業に係る事業再構築計画

このような社会情勢の変化に流されるのではなく、経済状況を分析し流れをつかみ、自社に合い又自社の潜在能力を引き出し改革と発展を常に計画・行動を続けていく必要があります。その上で、2~3 年の遅れにはなるが、2021 年の学術大会に於いて発表した“インフラメンテナンス国策事業”を再度洗い直し、弊社の有する塗装技術を活かした鉄橋塗替え現場出張工事等へのトライ（写真 1）と共に、過去にエンジン式アスファルト転圧機の開発成功実績をばねに、本年度公共施設の予防保全事業予算 5.5~6.0 兆円（表 1）を予定（但し、2021 年度第 3 次補正予算により、1 兆 9342 億円の積み増しが有り総額では約 7 兆 2000 億円となった。本年度も 7 兆円を超えている）している事業に進出することで幹部合

意が出来、実現に向けた行動を開始している。今後の活動拡大に伴う雇用拡大はまさに地域創生にも寄与できる事業と考える。

年 度	予防保全推進推計
2018 年度	約 5.2 兆円
2023 年度	約 5.5~6.0 兆円
2028 年度	約 5.8~6.4 兆円
2038 年度	約 6.0~6.6 兆円
2048 年度	約 5.9~6.5 兆円

表 2：2019 年国土交通省 HP より



大型塗装機：弊社所有
(写真 1)



(写真 2)

2009 年・新連携で開発成功した
エンジン式アスファルト転圧機

3. 社会（世界）が要求する環境保全型「土木建設機械器具」

3-1 低迷する世間（世界）経済情勢下で我社の事業再構築推進

4 年間近く長引いた新型コロナ蔓延による世界的経済の低迷は弊社も同様である。ようやく厚生省は第 5 類に緩和したことで少しずつでは有るが経済は上昇基調になりつつある。弊社も事業再構築補助金制度活用による新製品開発による再事業構築への努力を行っているところである。これまでは受注が少なかった塗装の現場出張工事の拡大に努力しながら、今テーマである「インフラメンテナンスのための“電磁振動転圧機”の開発」に対し、一昨年 2021 年秋口から取り組んできた“電磁振動転圧機”の開発経過とその成果及び、成果に対する今後の取組計画に至るまでを報告するものである。

3-2 「革新的新機構環境型転圧機」の研究開発のスタート台に着く

第 36 回年次学術大会で報告した「インフラメンテナンス技術開発推進機構」での活動方針に、エンジン駆動転圧機の革新的改革である充電電池を要し、CO2 零化、騒音低減、作業者の安全、アスファルト付着防止等々の新型転圧機の創出を進めるべく、大西名誉教授及び、坂野関西大学教授ほか支援者の賛同と支援を頂き研究開発のスタートをさせた。しかしながら、新型コロナの蔓延が拡大・長期化に至り、大西先生の感染・死亡と最悪の状況となり、推進機構が頓挫した。ところが、その前後に於いて関西大学阪野昌弘教授が同校を退官され、これまでのインフラメンテナンス国民会議関西本部、情報ワーキング長及び、NPO 法人橋守り支援センター理事長の職を担って頂き、小職も参加を継続し支援いただく状況となった。係る状況下で国民会議や橋守りセンター参加メンバー企業との交流の中で、依然として「環境型転圧機」の登場を待ち望んでいられることを確認、開発途上での試験運転などの協力を頂けることを確認し、再度「環境型転圧機」の開発の継続を決意した次第である。

4. 環境型転圧機の駆動機構決定への開発過程

4-1 電磁駆動・パーツフィーダ方式の応用を発案

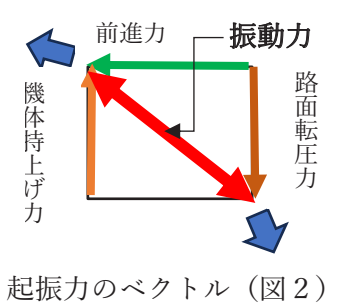
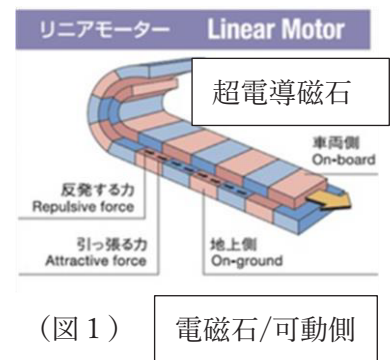
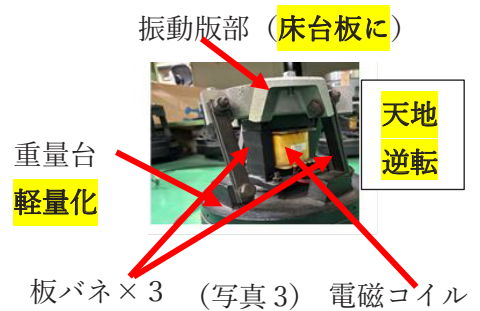
弊社はパーツフィーダ機器（部品搬送整列装置：円筒型や直進型などが有る）が、そのボウルや直進トラフ等の内面ウレタン塗工を主力として行っている。その駆動装置についても十分に理解している中で、大型装置では小型の電磁石で 50～80Kg のワークを搬送している（機器本体は固定しワーク容器内が振動して搬送している）。この情景を“逆さ富士”ならぬ、機器を上下反転させれば搬送部が地面下に接し、駆動部の振動により機器全体が振動し進んでいくことを発見した。この振動・駆動原理を転圧機に

転用できれば初期の目的である環境型転圧機が実現すかもしれないと考え、新たな転圧機の構想として「事業再構築支援補助金」に申請することを決めた。同時に同方式による駆動機構2件の特許出願を2022.9に行い、本年6月に登録されるまで実に10か月間の超短期間審査・登録となった。

4-2 電磁振動・リニアモータ方式応用の発案

上記(写真3)のような電磁石式パーツフィーダは電磁吸引力と、スプリングによる反発力を交互に(交流周波数)に合わせて上下傾斜振動を活用し前進力と転圧力を発生・活用する機構となっている。(特許の①)パーツフィーダ(写真3)に示すように円形で、天面に円筒ボウルを設置すればその中の部材がボウル内を回転し、その間に分類や姿勢制御・個数カウントなどの目的を達するが、前進方向のみの“直進フィーダー方式(写真4)も同じ原理作動する機種もある。

上記の電磁パーツフィーダ方式の応用による“転圧機”特許申請書を作成中にひらめいたのが“リニアモーターカー”方式の応用である。そこでこの原理応用の“転圧機”の特許申請と研究開発に着手する事とした。このリニアモーターカー方式は、固定磁石(車両内超電導磁石)と電磁制御磁石(前進用壁面電磁石)の電極切り替えで“NS極の吸引力”に加えて、“NN, SS極の反発力”の活用により、パーツフィーダ方式の反発機能を担う“板バネ”等のマイナス要素を解消する(ロスを出さない)“リニアモータシステム”を転圧機駆動部に応用、電極性の切替(直流正負電極切替)により吸引・反発力を交互活かし「前進・後退」の起振力(振動モーターの場合の遠心力に相当)を目的とする“路面転圧力”と前方推進力“双方を引出すことを発案し、開発を進めているところである。(図1)リニアモーター原理図で、(図1)の“車両側の超電導磁石”は“ネオジウム磁石”に置き換え、地上側の電磁石を可動=振動側に配置し電極石極性の切替制御により重量物である電磁石自体を前進・後退の繰り返し可動を振動駆動源として供し、起振力ベクトルを転圧機の機体持ち上げ力と機体前進力として又、振動反転(下方振)時のベクトルは路面転圧力となり、この上方下方振動繰り返しで前進と転圧目的を成す機構を特許申請、現在設計試作を重ね実用化に向け努力している(図2)



5. 環境対応型建設機械市場参入への諸問題と対応策

5-1 電磁式の“ばね反発式”及び、“リニアモータ式”加振機の実用化可能性

前述4-1, 4-2に於いて各々の振動方式を解説したが、電磁力に係る知識不足並びに技術者人材並びに試作費用と時間(現在まで発案から2年、設計試作から約1年)等の制約の中で、外部専門家や、電磁関連企業技術者の支援を仰ぎ、駆動部の基礎的試作まで進んでいる。(写真5)(写真6)現時点で

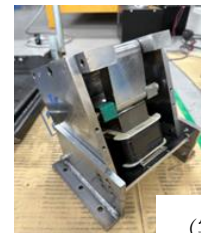
は実用に供するまでの出力値が得られてはいないが、設計段階の目標値の設定は重要である。現段階では（表3）の様な仕様を目標として努力する処である。既存エンジン式に於いても、出力表示はHPやKW値で表しているのが多く、小型機に於いては1.5HP～2HPであり、電力値換算でおおむね1.2～1.5KW計算となり現状案の電池仕様48V, 30AH, 重量10Kg以内で過電流防止回路・電池依存表示などの機能を持った“リチウムイオン蓄電池”を、中国製を主体に検討している。その計算を基礎に稼働時間を1.5～2時間（最悪でも1～1.5時間）の作業性能を有する機器に仕上げるよう、電磁石改良モーターイン加振機の平行での開発工夫を進める事で実用化は可能と信じると共に、支援の専門家や企業技術者の皆様も本案件の実用化可能性に対し否定もなく、更なる提案と支援を約束して頂く等‘25年大阪万博出展に向け頑張る決意である。5-2環境型転圧機発案初期に立返り代案駆動方式の準備

パーツフィーダ方式

リニアモータ方式



(写真5)



(写真6)

設計（目標）機能仕様計画（表3）

仕様	計画値	三笠)
機体重量	38~43Kg	77Kg
起振力	5.0~KN	10.1KN
前進速度	15~20m/min	~25m/mim
駆動出力	1.5 kW目標	1.6 kW
充電電池仕様	48v30AH リチウム	リチウム？
稼働時間	1.5~2.0 時間	0.6 時間
付着防止	電気作動機能	散水タンク
防音対策	床板吸音処理	低振音鋼材

故大西正曹先生からの「プレートコンパクト」の再レビューで、インフラメンテナンス事業に参入する機会となった“橋守り支援センター”入会時は、時代背景に“車社会のEV化”が強く報じられている時代であり、それに呼応した時点では充電電池を要し、電動モータを駆動源にVベルトを介し、偏心回転加振機を作動させる構造を考えていた。然し、この単純な駆動源変更だけの転圧機は転圧機製造販売の国内1番である三笠機械工業が上市していることが判明、調査の結果以下の問題点が明白となった。

- ① 価格が市販定価の2～3倍の高価 ②稼働時間は20～30分で電池交換が必要 ③重量が従来の同性能機種より1.5倍重い等々が原因か市場にはほとんど出ていないのが現状の様であった。

弊社の試案は、上記の問題点を含めて改善策を出し、駆動DCモータを回転加振に組み込んだ1体型加振機の新作と共に、従来機の問題点を機械的に解決する機構を盛り込んだ「新モーターイン加振機」の設計製作も並行して進めている（新機能は㊟で特許出願準備のため開示できません）

5-2 駆動方式の決定と今後の計画

このように合計3方式の駆動部開発を並行して進め、万博出展申請とその採択までを基礎開発期と位置づけ駆動方式を決定いたします。何れに於いても「環境型転圧機」の開発完成と上市への達成を実現に向け更なる時間と費用及び人材の登用が必要であるが、我社の様な小企業の範疇を超えた研究開発計画であり、万博の大阪館出展を目指す企業各社の連合・共同体とした組織造りも視野に進めていく所存である。又これらの新駆動方式は、新たな土木・建設機械器具（国交省の称する“平面式締結機械“分類に”ランマー“と称する転圧機などの機器）に転用・応用できる機能を有するものであると考え、次なる商品開発につなげて行き、これまでの努力と費用を無駄にしない気概もしっかりと持っていく所存である。

6. おわりに

（開発・商品化後の目標と成果の活かし方）

以上3方式（リニアモータ方式、パーツフィーダ方式、モーターイン加振機方式）についての原理及び転圧機駆動源への応用につき説明したが、過去、現在そして、これからも続ける試作と性能試験により残り1年間（万博出展採択視野に）余りの間に1方式に絞り、第1次完成品試作品を完成させる計画である。そのためには、最大の焦点はこの駆動源方式の選択に有るが、同時に電力供給源である充電電池の仕様決定が重要である。現在は“リン酸鉄リチウムイオン充電電池”に絞り国産や中国製の試作品の検討を進めてはいるが、国産品と言えども内蔵する電池エレメントはほとんどが中国製である事が判明して、愕然としている。元々はこのリチウムイオン電池は日本で開発された最強の充電電池ではあるが、結局価格での競争で中国製になると思うが、今また日本の復権をかけて安全で高性能な“固体蓄電池”の開発が急ピッチで進んでおり、その市販化を心待ちにしている次第です。リチウムイオン電池の耐震対策、火災問題などが心配では有るが、中国の技術向上と日本の輸入業者の検査体制や契約内容の精査も含め防振対策による危険回避を考えている。

技術面での対応は充電電池交換方式、**アスファルト**付着防止策、転圧打撃音の吸音軽減策（弊社の“吸音ウレタン塗料”の活用を採用）等の設計対応を確認・決定の手順も山積しているが、世界にはまだ無い最新の“環境対応転圧機”の完成に全力を傾注する覚悟である。

上記2-3（表2）にも記した通り、インフラメンテナンスにかかる政府は年間7兆円もの高額で、しかも年々増加傾向にある。又、この“転圧機部門だけを表す2-2（表1）の統計を見ても、年度毎の増減は多少あるが、傾向として上昇傾向であることが明白であることから”転圧機“だけに留まらず、3種類の振動駆動装置の建設機械の新規開発や既存機械の環境型への改良など、裾野の広い産業分野への応用を考えている。そして、この分野での成果を仮に1%の占有率を確保できれば年間2億円前後の売り上げを達成し新事業としてスタートすることが叶うことになり期待している。そのためにも、今後の自社の足元と共に、各機能部材の支援企業、専門技術者や諸先生方との連携を図り、「インフラメンテナンス」参入・活動・継続により、今学術大会のホット 이슈「スタートアップと地域創生」につながる事業推進を実践していることを報告し終わりとす。

出典先

表1：一般社団法人日本建設機械工業会発表 2016年～2020年、2021年～

表2：2019年国土交通省HPより「インフラメンテナンス情報」

図1：山梨県立リニア見学センター解説図

図2：苗村昭夫作成ベクトル解説図

写真1：ユニックス所有「グラコ社製2液混合大型塗装機」

写真2：2009年完成・販売用カタログ写真

写真3：2023年8月24日撮影、ユニックス所有（NTN製）パーツフィーダ

写真4：パソコンMicrosoft「モノタロウ」サイトよりのスクリーンショット

写真5：2023年9月5日撮影、2階作業現場での「パーツフィーダ方式振動駆動体」

写真6：2023年9月5日撮影、ユニックス2階作業現場での「リニアモータ方式振動駆動体」

技術文体：特許申請・登録文体より（特許第7300688及び、特許第7300689“転圧機”）

以上