

現在開催中の愛・地球博において、JR東海では「JR東海 超電導リニア館」を出展し、世界に誇る日本の先進技術である超電導リニアをご紹介します。現在の超電導リニアは、1997年4月に山梨実験線で走行試験を開始し、これまでに、鉄道の世界最高速度である581km/hを記録するとともに、累積走行距離が約44万km、試乗者数が約9万2千人に到達し、超電導磁気浮上式鉄道実用技術評価委員会から「実用化の基盤技術が確立した」との評価をいただくなど、既に完成の域にあります。「JR東海 超電導リニア館」では、500km/hの世界をご体感いただける3Dシアター、世界最高速度を記録した実物車両(MLX01-1)、世界最高性能の高温超電導コイルの連続運転試験の様子などを展示演出する超電導ラボ、の3つの展示・演出を行っておりますが、超電導リニアの現在の完成度の高さ、最先端技術の高温超電導を多くの方にご実感いただけたらと考えています。

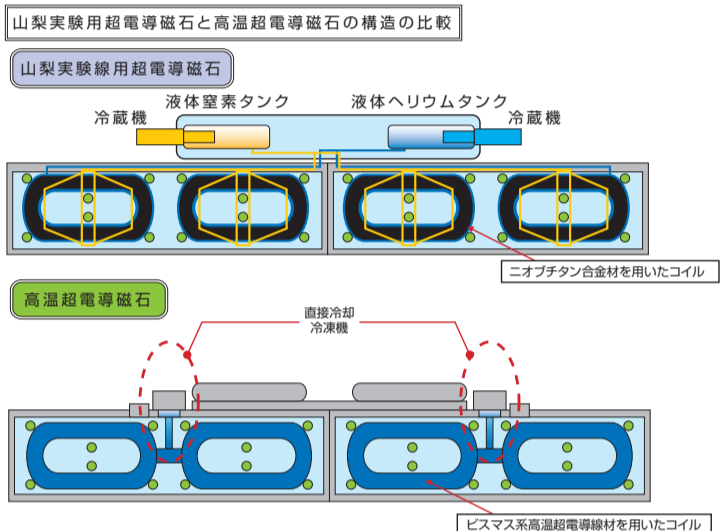
それでは、「JR東海 超電導リニア館」の各展示・演出の見所をご紹介します。まず、3Dシアターでは、実際に山梨実験線で行っている様々な走行試験の状況を、800インチの大画面、ハイビジョン3Dの迫力ある映像によってご覧いただけます。この映像では、山梨実験線で行っている走行試験のアウトラインの紹介はもちろん、多彩なカメラアングルと臨場感あふれる音響により、超電導リニアの迫力ある走行をご体感いただけます。

次に実物車両(MLX01-1)については、2003年12月に世界最高速度581km/hを記録した先頭車体、超電導磁石付き台車、及びガイドウェイ(軌道)の一部を山

梨実験線から輸送し、展示しています。この先頭車体は、軽量化、空力的特性、乗り心地、車内環境、沿線への影響を考慮して、製作し、1997年から様々な走行試験を行ってきました。また、先頭部の下部には、超電導磁石付き台車を配置し、ガイドウェイ(軌道)には超電導磁石と向き合う形で、浮上・案内コイルと推進コイルを配置しています。実物車両は車内もご覧いただけます。実物の迫力をご堪能いただきたいと思います。

また、超電導ラボでは、世界最高性能の高温超電導コイルを用いて、連続運転試験を行うとともに、宇宙船模型の発射実演や超電導現象を利用した浮上実演を実施しています。現在の山梨実験線用の超電導コイルの線材は、ニオブチタン合金を使用していることから、超電導状態とするために、液体ヘリウム及び液体窒素を用いて4Kまで冷却する必要がありますが、今回展示しているビスマス系の高温超電導線材を用いた高温超電導コイルは20Kで使用できるため、液体ヘリウム及び液体窒素を使用せずに冷凍機によって直接冷却ができることから、構造が簡素化され、より一層の信頼性向上やコスト低減が期待できます。以上の超電導リニアシステムの設計、製作にあたっては、随所に、材料力学、流体力学、金属材料工学、熱工学、振動工学といった機械工学を含めた幅広い分野の科学技術を適用、応用しています。是非「JR東海 超電導リニア館」にお越しいただき、超電導リニアの完成度の高さと先進性をご堪能いただくとともに、ご体感いただきたいと思います。ご来館をお待ちしております。

(JR東海 超電導リニア館 副館長 田中 淑裕)



超電導リニア館における機械システム技術

東芝の創業者である田中久重が1851年に製作した「万年自鳴鐘」(以下、万年時計)(図1)は、わが国のモノづくりの独創性を語る好事例とされます。国家プロジェクトである文部科学省科学研究費補助金特定領域研究「江戸のモノづくり」の中でも象徴的な存在として取り上げられ、分解調査が行われました。また、この調査結果をもとに複製品が製作され、愛・地球博のシンボルパビリオンであるグローバル・ハウスに展示されています。そして、その横では万年時計の機構説明ビデオが流れています。このビデオは、東芝の機械系技術者が集まり構築した万年時計機構シミュレータにより製作されたものです。

万年時計は、螺鈿や蒔絵などの装飾をほどこした外装と、種々の機構と機能を持つ高さ約60cm(置台を含まず)の和時計です。6面の時表示部と天頂部に太陽と月の運行を示す天球儀があります(図2)。表示部の第1面は、後で詳しく説明する自動割駒式の和時計です。第2面は、二十四節気を旧暦の日付で書き込むための文字盤で、中心の針を手動で動かし、ゼンマイを巻いた時期を記録するために用いられました。第3面は、時刻と七曜の表示盤です。第4面は十干十二支で日付を表すカレンダー面です。内側の十二支は固定されており、外側の十干が1日に6°右回りに回転し、中心の針が1日に30°左回りに回転します。第5面は、月の満ち欠けと月齢を表す面です。黒と銀色に塗り分けられた球体が回転します。第6面は、フランス製とされる懐中時計です。

天頂部にある天球儀では、京都(東経136度、北緯35度)から見た太陽と月の動きが表示されます。太陽は、季節により高度を変え、夏至では78.5°、春分・秋分では55°、冬至では31.5°となります。月は太陽に対して約29.5日の周期で相対位置を変えます。第2面を除く5つの面と天球儀は、第6面の洋時計を基準時間として全てが連動し

て動き、和時計の示す各時刻にその時刻に対応した回数(の打鐘)を行います。動力は、下部木箱に納められた4個のゼンマイにより供給されます。2個1組で、1組は天球儀の動作および時刻表示用で、他の1組は打鐘用です。ゼンマイは、厚さ1.9mm、幅65mm、長さ約3mの真鍮製の板を巻いて作られており、直径が120.5mmもあります。約225日間連続で稼働するように設計されています。

万年時計が製作された当時、時刻の表示には不定時法が用いられていました。不定時法では、夜明けから日暮れの間を昼としてその間を6等分し、「六つ」(夜明け)、「五つ」、「四つ」、「九つ」(正午)、「八つ」、「七つ」、「六つ」(日暮れ)としました。同様に、日暮れから夜明けまでの夜の間も6等分して時刻を定め、明六つは実際の日の出より早い時間で、空が明るみ始める時刻であり、暮六つは日の入りより遅い時間で、完全に暗くなる時刻です。不定時法では、1時(とき)の間隔は季節により異なります。不定時法で時刻を表示する時計が和時計です。当時の和時計は、季節により変化する時刻に対して手動で対応するものであり、時刻を表示する駒を自動的に動かす万年時計は画期的な和時計であったといえます。

第1面の和時計の動きについて少し詳しく説明します。文字盤全体が左回りに1日に1回転し、上部に固定されている針の位置で時刻を示します。文字盤の内側には二十四節気が刻まれており、中心にある針が示した位置で季節がわかるようになってきます。この針は、文字盤に対して左回りに1年で1回転します。時刻を表示する駒は、春分・秋分の時の位置を中心に1年で1往復します。夏至では昼の駒の間隔が広くなり、夜の駒の間隔が狭くなります。逆に、冬至では昼の駒の間隔が狭まり、夜の駒の間隔が広がります(図3)。しかし、冬至における昼と夜の駒の間隔の違いは夏至ほ



図1 万年時計外観

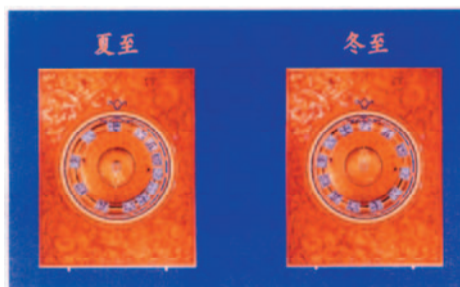
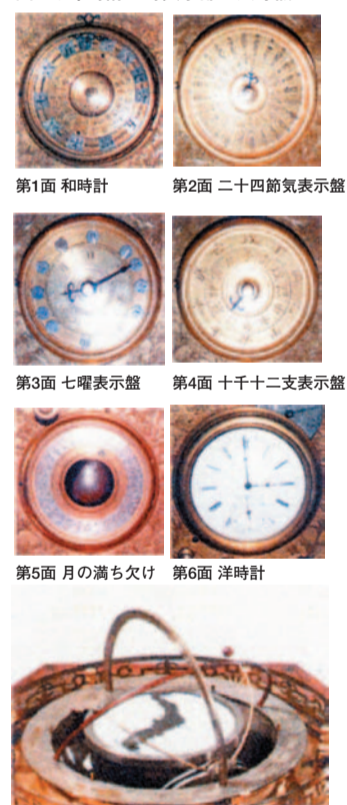


図3 和時計の文字盤

図2 万年時計の時表示部と天球儀



天球儀

万年時計

ど顕著ではありません。これは、春分・秋分における明六つおよび暮六つの駒の位置が、昼と夜が同じ長さとした場合よりそれぞれ11°程度夜側に寄っているためです。田中久重が実際の日の出および日の入に対して11°(時間にして約44分)程度ずらした時を明六つおよび暮六つと考えていたことがわかります。

機構を解明しながらバーチャルとはいえ万年時計を組み立てていく作業は大変興味深いものでした。季節により自動的に変化する駒を見ていると不定時法で生活する江戸時代の人々の姿が想像でき、感動的ですからあります。天球儀では、24時間周期で動く時計部と天球儀との間に直径

10cmほどの歯車(内歯364枚、外歯365枚)を挿入して地球の自転と公転に相当する動きを作り出すことで太陽の高度変化を生み出しています。天文学も学んだ田中久重の拘りを感じます。1年近い連続稼働を実現するために製作した巨大なゼンマイは、当時としては全く類のないものであり、田中久重のチャレンジ精神を垣間見る思いがしました。また、各部の独創性とアイデアもさることながら、全体が連動して動くシステムを構想した創造力にも感心させられました。万年時計には田中久重の「飽くなき探究心と情熱」が込められています。(株)東芝 研究開発センター 技監 久保田 裕二