



技術解説

スパイラルエスカレータ

松 倉 欣 孝*

1. はじめに

永年私自身、エスカレータとは真直ぐなものと思い込んでいた。曲ったエスカレータを作ったところ、この思い込みを破った点で共感を得たものか、国内外から多数の問合せをいただいた。特にアメリカが多く、夢を追うロマンチズムの国との感を改めて深くした。現在図1に示すように大阪国際見本市新会場などで、スパイラルエスカレータが順調に稼動している。以下に、スパイラルエスカレータ誕生までの背景、技術上の要点などを紹介しよう。

2. スパイラルエスカレータの誕生まで

現在と同形式のエスカレータは、1900年パリ万国博覧会に初めて出展され、大好評を博したと伝えられる。図2はこのエスカレータで、一度乗るごとに料金は1ペニーであったと言う¹⁾。今日世界で十余万台、我国で23,000台余のエスカレータが日夜我々の足となって活躍している。動く階段のアイデアは、パリ万国博覧会より先、1859年にアメリカ特許に出願されており、

図3のアイデア²⁾が実現されるまで約40年の歳月を要した。エスカレータを支える固有要素技術はチェーン駆動機構であり、19世紀後半の機械工学の発達が図3のアイデアを現実のものにした。

その後のエスカレータの歴史で2度の技術革新があり、その都度需要が大幅に伸びた。その



図2 パリ万国博覧会のエスカレータ

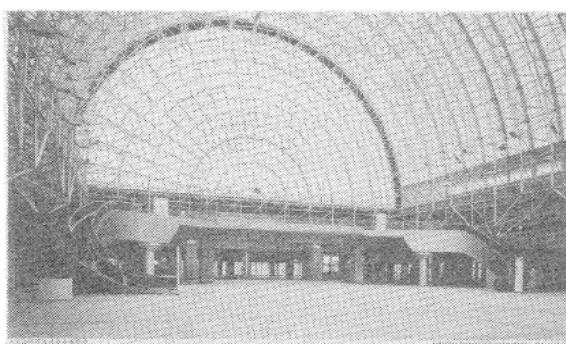


図1 スパイラルエスカレータの外観

*松倉欣孝 (Yoshitaka MATSUKURA)，三菱電機(株)
稻沢製作所，技術部，部長，工学博士（大阪大学）

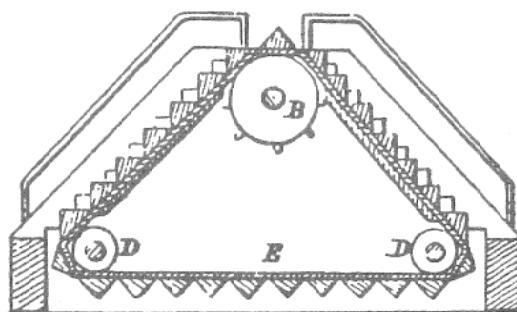


図3 Ames氏の動く階段のアイデア (1859年)

生産と技術

一つはアメリカで実現された安全性の確立である。1920年代前半に現在と同形式の、くしとステップクリート（棧）とのかみ合い構造、ゴム手すり構造などが開発され、乗客の安全性が飛躍的に向上した。とは言え、今日の我国において、ステップとステップとの間、あるいはゴム手すりとその案内レールとの間などにはさまれる事故が、エスカレータ千台当たり5件弱/年もあり³、まだまだ改善の余地は残されている。第一次世界大戦前は婦人のスカートが床をひきする程長く、これらのスカートがステップの間などにはさまれたことは想像に難くない。

もう一つの技術革新は、建築空間を彩るインテリア素材としての進歩である。1950年代前半にゴム手すりが大きな透明ガラスで支えられ、螢光照明されるに及んで建築素材としてエスカレータの意匠性が格段に向上した。ヌードエスカレータと呼ばれたこの透明エスカレータは日本で発明され、第二次大戦後の質素な生活から豪華さを求めようとする社会的要請によくマッチして、エスカレータがデパートなどで大量に採用されるようになった。

現代は飽満の時代と言われる。この社会では機械には、働くと言う本来の機能のほかに、人の感覚・感情に訴えるもの、すなわち意匠性もが基本機能として求められるようになった。同様に建築界では豪華さ、豊かさの追求と遊びの精神尊重が一つの潮流になっている。

建築史の教えるところでは、中世では階段は単なる登る道具であった。日本の忍者屋敷に見られるように、階段は隠れた場所にほとんど鉛直に、はしご状あるいはらせん状に設けられていた。現代建築に見られる豪華な階段はルネッサンス以降のものである。1520年代後半にミケランジェロらの独創的・個性的な建築家が、階段を建築の意匠素材として採り上げ定着させた。その後、直角に曲る階段、ヘアピン状に折れる階段を経て、円弧を描く階段が豪華なロビーの最も重要な構成要素になった。アメリカ南部の豪邸ではらせん階段が今も豊かさの象徴になっていると聞く。映画、「風とともに去りぬ」で、ビビアン・リー扮するスカーレット・オハラが、タラの家のメインロビーのらせん階段を

しずしずと降りて来る華麗な場面は忘れられない。

昭和56年春、何人かのエスカレータ屋が集まり、何か新しいものをと探し始めた。機械に意匠性を求める社会的すう勢と、豪華な階段の行きつく先はらせん階段であることを思い合させ、スパイラルエスカレータこそ求めるものと結論した。図4など数枚のイメージ図を作り、建築家、デパート・ホテルの方々の意見を伺ったところ、これは面白いとのことで本格的に開発に着手した。

実は、らせん形の動く階段は一度世に出たことがある。1906年ロンドン地下鉄のホーリロード駅に Helical Incline と称して据付けられた。写真も残っているが、カメラアングルが悪く構造も何もわからない⁴。この動く階段はほんの数日動いただけで故障し、スクラップにされたと言う。一方、アメリカ特許を調べたところ、図5、6に例を示すように1900年代、1910年代、1970年代に数件の出願が散見され、らせん形エスカレータがエスカレータ技術者の永年の夢であったことがうかがえた。

3. スパイラルエスカレータの構造

スパイラルエスカレータの構造を図7に示す。これは、直線エスカレータを上から見て円弧状に曲げたものである。円弧の曲率半径は、上下の水平部分で約5.1メートル、中間の傾斜部で約6.5メートル、傾斜角度は約30度である。

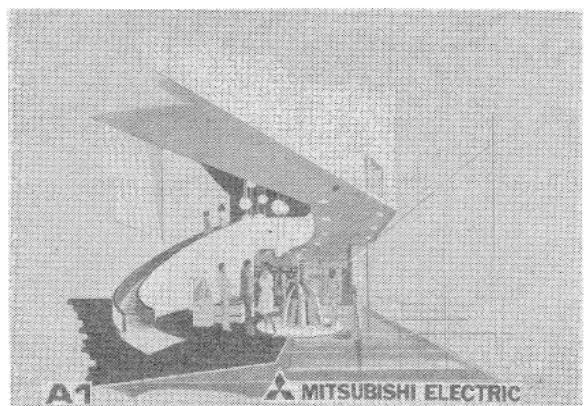


図4 スパイラルエスカレータのイメージ図

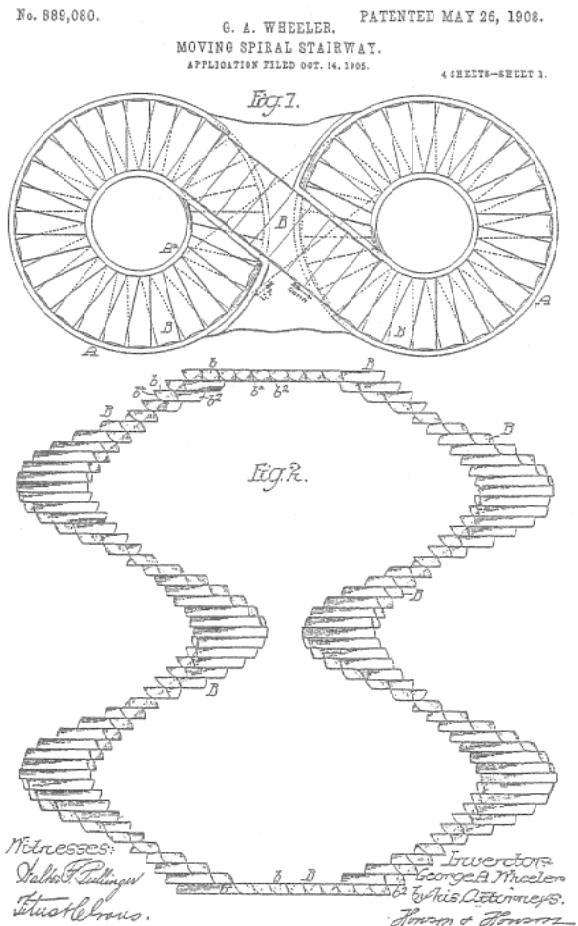


図5 Wheeler氏のらせんエスカレータ(1908年)

上から見た時の円弧の開き角度は、階間の高さが6メートルで約180度で、階間高さが低くなるに従い開き角度も減少する。ステップの走行速度はステップの外側、内側でそれぞれ毎分25.0, 21.4メートルで、直線エスカレータの毎分30.0メートルより遅い。これは乗客にスパイラルエスカレータからの眺望を若干なりとも長く楽しんでもらおうとの配慮である。

図7のスパイラルエスカレータの特長は、戻りのステップを、人が乗る往路側ステップの真下を通して元に戻したことである。図5のWheeler氏のらせんエスカレータは戻りのステップにも人を乗せ部品の有効活用をねらっているが、上昇用と下降用のエスカレータのレイアウトが決まってしまい、建築設計上の自由度が制限される。図6のLuna氏の出願は上昇・下降用の戻りステップをらせんの中心を通して戻すもので、これでは乗客の視野がせばまり眺望が妨げられる。

構造の詳細は別報に譲るが⁵⁾⁶⁾、その要点のみを以下に述べよう。乗客が乗るステップは扇形をしている。ステップの内側は外側より約70ミリ奥ゆきが短かい。表面の溝(クリート)も円弧になっている。

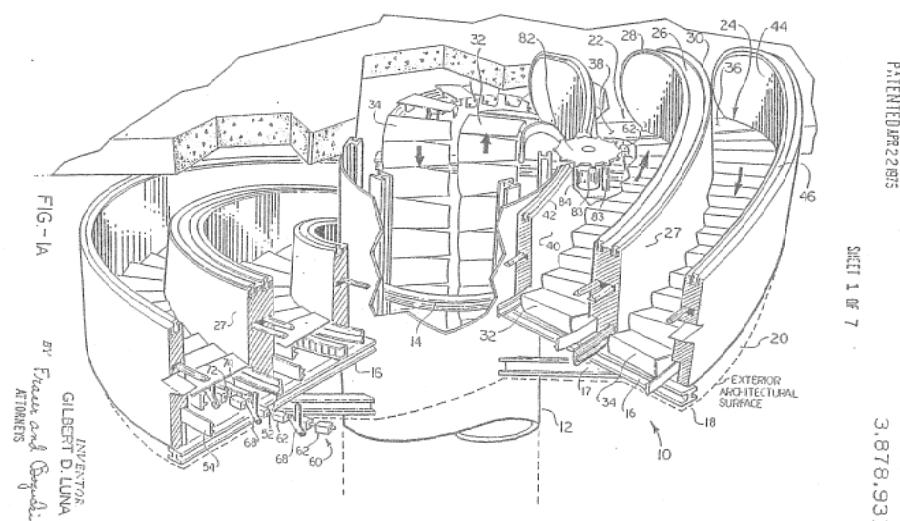


図6 Luna氏のらせんエスカレータ(1975)

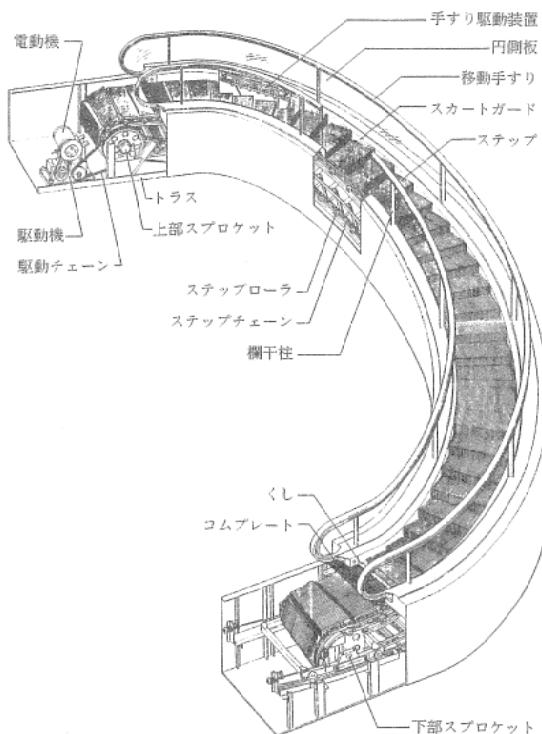


図7 スパイラルエスカレータの構造

ステップチェーンの外観を図8に示す。ステップは、図中のステップ軸にとりつけられ、左右のチェーンで引上げられる。通常、ステップチェーンとゴム手すりは、水平部分から傾斜部分へ移るときに曲るので、上下方向に曲り易い構造になっている。スパイラルエスカレータは水平面内で円弧を描くので、上下方向に加え水平方向にも曲らねばならない。例えば図8のステップチェーンでは、ジョイントS部に球面座を組み込んだのでどの方向にも曲る。

エスカレータは監視者もなく、一般市民に接する環境下で終日運転される。設計寿命は25年以上で、この間の保守・修理のライフコストを考えると、新機種開発時の信頼性保証活動は非常に重要である。

このような背景から、ローラ、チェーン、ゴム手すり摺動面など、摩耗が懸念される部品は徹底的に寿命試験をする。球面座を組んだスパイラルエスカレータ用ステップチェーンは、今回初めて採用する方式なので当然この対象となる。

結果の一例を図9に示す。チェーンの摩耗は伸びになってあらわれる。この図では、スパイ

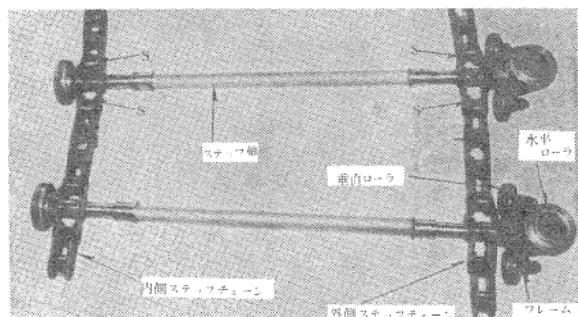


図8 ステップチェーンの外観

ラルエスカレータ用ステップチェーンの伸び率は、テストベンチでの加速試験(●)、実機フィールドデータ(■)とも、従来の直線エスカレータのフィールドデータ(△, ▽)を下まわっている。エスカレータの年間平均稼動時間は約3,000時間なので、この様にして約15年間(4.5万時間)のデータ採集が続けられる。

4. 計算機の支援

エスカレータにはゴム手すりを案内するレール、走行するステップを案内し荷重を支えるレールがある。それぞれには、人を乗せる側の往路と、ステップを戻す側の帰路がある。レールの形状は上下の水平部分、中間の傾斜部分、水平から傾斜へ移る遷移部分で異なる。スパイラルエスカレータは水平面内でも円弧を描いているので、そのレールの種類は百数十種に及ぶ。レールの形状設計はむつかしくはないが、計算がめっぽう煩雑で労力を要し、計算機が設計の信頼度向上と省力に有効であった。

また、エスカレータ全体を支えるトラスの強度計算⁵⁾、全体の透視図を作成(CAD)しての意匠設計に大形計算機が活躍した。

曲ったレールの製作は熟練板金工が担当するところであるが、大量の曲りレールが短期で必要になるため、熟練工の調達、養成がままならず、専用のNCレール曲げ機を開発した⁶⁾。特に精度を要するレールや意匠部品はNC機で切削した。結局、計算機技術の支援なくしてスパイラルエスカレータの成功はなかったと考える。

5. おわりに

以上にスパイラルエスカレータの概要を紹介

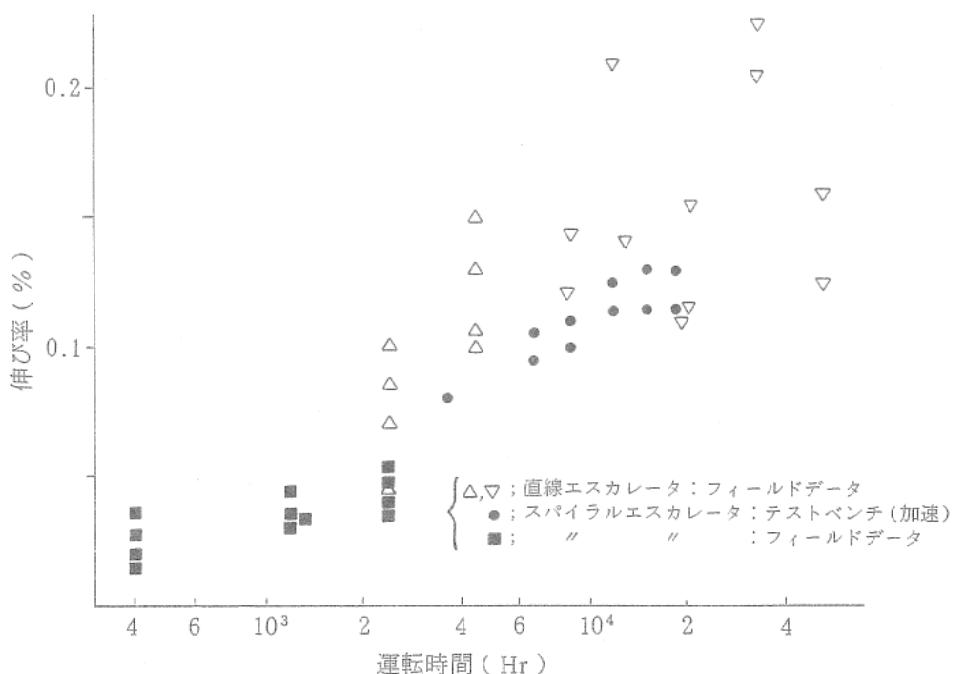


図9 ステップチェーンの寿命試験例

した。開発の当初、美しい外観がいかに建築にマッチするか、すなわちスパイラルエスカレータを外から見る人の感覚を重視していた。実際に作って乗ってみると、目の前の眺望・視界が刻々と変化して面白く、エスカレータの上に居る人の感覚も大切なことがわかった。

スパイラルエスカレータを設置するビルは、ビルの基本設計段階でこれが生かされるよう十分に検討されねばならない。現在稼動中のものは5台とまだ少ないが、設計検討中のビルは多数あり、来夏（1988年）にはアメリカでも動き

始める。スパイラルエスカレータが世界各国に設置され、多数の人達がこれを楽しむことを期待している。

参考文献

- 1) 大矢、エレベータ界, 16-46 (昭56), 28.
- 2) LIFT-REPORT 11. Jahrg. (1985), Heft 4, 7.
- 3) エレベータ界, 21-83 (昭61), 8.
- 4) Sturgeon, W. C., Elevator World, 33-2 (1985), 36.
- 5) 後藤ほか、三菱電機技報, 58-12 (昭59), 848.
- 6) 松倉ほか、日本機械学会誌, 89-808 (昭61), 255.