

F1レース用ニューマチック・バルブシステムの紹介

Pneumatic Valve System for Formula One Engine

木村 隆昭* 西 賢悟*

Takaaki Kimura

Kengo Nishi

1 まえがき

エンジンの出力向上を行う時、エンジンスピードの高速化は有効な手段である。特に現在のF1エンジンのような自然給気エンジンにおいては、空気量の増加は物理的な限界があり出力向上にはエンジンスピードを増加することが必須となる。その結果当社においても最高エンジン回転数を毎年5~6%上昇させてきており、昨年度においては最高エンジン使用回転数は15000rpmを達成している。このようなエンジンスピードを可能とするためにバルブスプリングのリフト荷重を増加させる方法がとられるが、必要なバルブリフトを確保しながら、サージング等により発生するバルブスプリングの応力増加に対する安全性を確保することが非常に困難となる。そのため近年圧縮空気を用いたエアスプリングが動弁系に使用されるようになってきている。

2 構造

ニューマチックバルブ構造図を図1に、またシステム構成図を図2に示す。

作動ガスは、汎用性を考慮し大気を使用してい

る。作動中の各シール部分からのリークと、空気室へのオイル混入によるエアの消費に対しては高圧ポンベ ('93年シーズン) または、小型コンプレッサ ('94年シーズン) により、必要な量を供給するようになっている。高圧の作動ガスは(ポンベ使用時は約20MPa) レギュレータにより1.0~1.2 MPaまで減圧されニューマチックバルブの空気室にチェックバルブを介して供給される。空気室に入ったガスは、バルブのリフトと共に圧縮され、スプリングと同様の働きをする。シリンダ内の圧力は次式で示されるように指数関数となる。

$$P_0 \cdot V_0^\gamma = P \cdot (V_0 - A \cdot L)^\gamma$$

P_0 : シリンダ内初期圧力

V_0 : シリンダ内初期容積

γ : 空気の比熱比

P : リフト時シリンダ圧力

A : シリンダ断面積

L : バルブリフト

また、出口側にはリリーフバルブを設け、運転中の空気室内へのオイルの混入や、空気室内温度の上昇による空気室内リフト時の圧力が上昇する

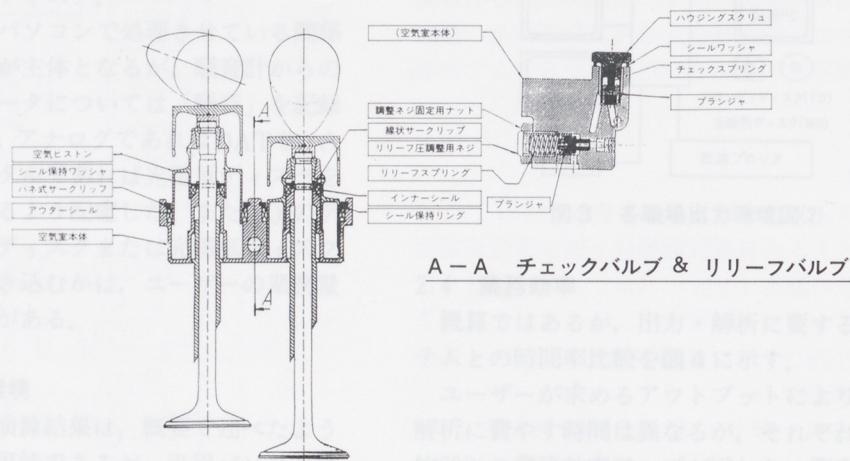


図1 ニューマチックバルブ構造図

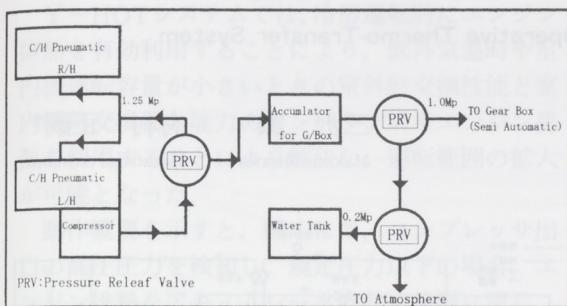


図2 ニューマチックシステム構成図

のを制御している。先にも述べたように、'94シーズンにおいてはカム軸によって駆動される小型コンプレッサによりエアの供給をもちい、エア消費に対してより大きな安全率をもたせている。また同一のコンプレッサより、セミオートマチックギヤボックスの変速機構の作動用として、圧縮空気を供給することにより、システム全体の簡素化を図っている。

3 ニューマチックバルブスプリングの特長

通常のコイルスプリングと比較してニューマチックバルブシステムは動弁系慣性質量の軽減により高いエンジンスピードを達成している。表1にコイルスプリングとの等価慣性質量の比較を示す。等価慣性質量の約30%を占めるコイルスプリングを、エアスプリングに変更することにより全体で約20%の軽量化が達成された。軽量化の他にエアスプリングの利点としてはスプリング諸元設定の自由度の向上がある。また、エアスプリングのシステムでは、運転中の荷重特性劣化が殆どないため、リフト時の荷重設定も必要最低限におさえることができ、フリクション低減にも有効である。

4 シリンダ内初期圧力

シリンダ内初期圧力は、供給圧力と等しい圧力となる。エアスプリングのシステムにおいては要求最高回転数から決まる、リフト荷重と、エアピストン寸法諸元、要求バルブセット荷重によってシステムの特性は決定されている。しかしながら、コイルスプリングと違い、エアスプリングへの供給圧、リリーフ圧をそれぞれのチェックバルブ設定圧を変更することにより、比較的容易にスプリ

表1 等価慣性質量（吸気）比較

	エアスプリング	コイルスプリング
バルブ	43.5	←
エアピストン	25.9	----
スプリング	----	44.8
リフタ	29.1	←
シム	1.8	1.6
リテーナ	5.6	11.7
コッタ	2.3	2.5
合計	108.2g	133.2g

ング特性を変更できる。図3に同一諸元のエアスプリングシステムを用い供給圧力を変化させた時の、ジャンプ、バウンス発生エンジン回転数と、ロス馬力の変化を示す。図からも明かなように、初期設定圧力を増加させると、ジャンプ・バウンス発生回転数は向上するが、同時にロス馬力も増加している。

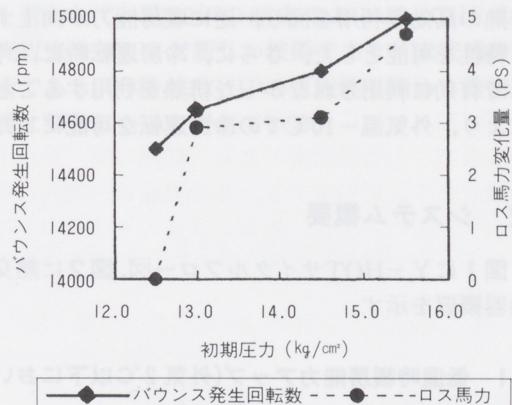


図3 初期圧力とロス馬力

5 むすび

'93年シーズンより実戦投入したニューマチックバルブシステムは、初期にはエア消費が過大というトラブルも発生したが、積み重なる改良により問題のないレベルにすることことができた。そして激化する出力競争の中で、本技術が一つのキーテクノロジーとして重要性を増している。今後とも継続的な改良により、より信頼性の高いシステムにしていきたい。最後に、本システムの共同開発にご協力頂きました、エンジン・ディベロップメント・リミテッド社（英国）殿に心より感謝申し上げる。