

Fig.3 Bond graph of steering linkage mechanism

$$I \frac{df}{dt} = e \quad \dots (2)$$

この式の左辺は一般の運動方程式における慣性項となる。この時、右辺のエフォートはこの慣性項に加わる減衰項、復元項からの力に相当する。このエフォートはボンドグラフのルールに従い、因果関係・信号の向きに注意しながらボンドをたどっていくことで容易に得ることができる。このように、ボンドグラフの構成は変えることなく、そこで用いられる変数を一般の運動方程式で用いられる変数に置き換えていくことで運動方程式が導出される。

また、車体、台車、輪軸の各運動方程式に対し図3においてリンク機構のそれぞれへの取り付け位置速度を表す1接点に加わるエフォート ($e_B, e_{TR,L}, e_{WR,L}$) が、それぞれリンク機構から加わる力として各運動方程式に付加される。すなわち、車両の運動方程式を導き直すことなく、リンク機構を取り付けることによって増加する項だけを後から加える形で拡張できることを示している。

4. 計算例

図4は曲線半径600m、速度130km/hの条件下での曲線通過における輪軸のヨー、および操舵レバーの回転角を示したものである。なお、車両の諸元は在来線特急車両のものとし、操舵比(幾何学的操舵量からの割増を表す係数)は1.3として計算した。この図から、曲線通過中において操舵レバーが回転し、それに伴い輪軸のヨー角を減少させる操舵機構が正常に働いていることがわかる。これにより導出した運動方程式の妥当性が確認された。

図5は操舵比が曲線通過中の挙動に与える影響を時刻歴解析からまとめたものである。半径の大きい曲線中において、過操舵に起因する振動が増大している。これは曲線半

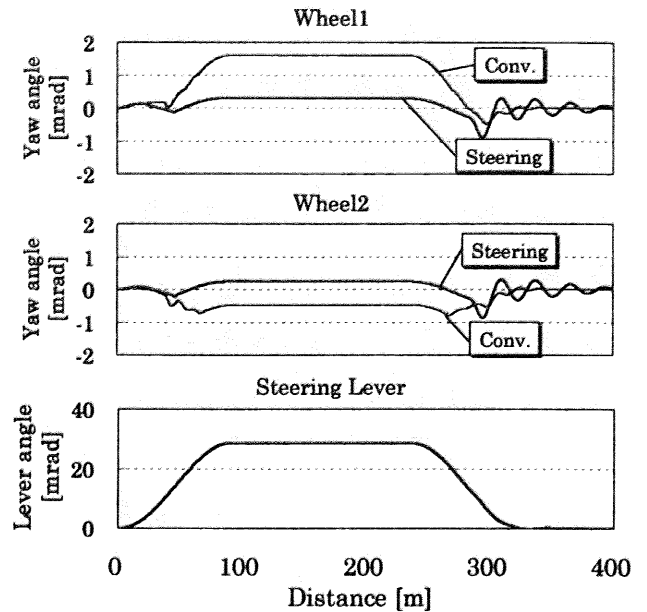


Fig.4 An example of simulation result

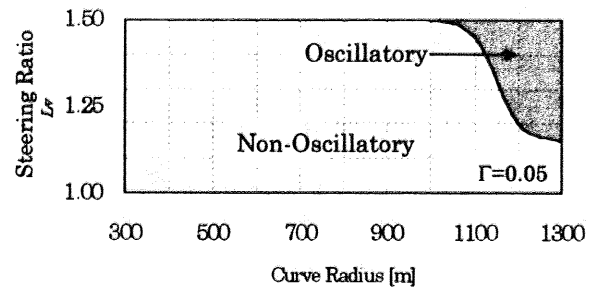


Fig.5 Effect of steering ratio on oscillation motion in curve negotiation

径が大きい場合の他、輪軸の踏面勾配が増大したときにも同様の傾向が見られ、その影響はより顕著である。これは、踏面勾配を大きくすることによって輪軸の自己操舵性能が向上し、より操舵されやすくなるためである。

強制操舵台車の急曲線での操舵効果を高めるためには操舵比、車輪の踏面勾配を大きくすることが有効であるが、この計算例により緩曲線での挙動を考慮してこれらの値を選択する必要性が示された。

5. まとめ

- (1)ボンドグラフを用いて強制操舵リンク機構のモデル化を行い、その運動方程式導出と全体モデルへの拡張について、その有効性が示された。
- (2)計算例として強制操舵台車を有する車両の曲線中の振動的挙動を調べた。この振動は操舵比のほか車輪の踏面勾配にも大きく影響を受けるので、それらの選択が重要であることが示された。

文献

- (1)松尾雅樹・佐藤栄作・石黒康豊, ボギー角連動操舵台車についての検討, 機講論, 930-42(1993-7), 500-505.
- (2)J.U.トーマ・須田信英, ボンドグラフによるシミュレーション, (1996), コロナ社.