[研究速報]

自動車の環境と安全に関する総合評価*1

―健康影響の視点から―

Integrated Evaluation of the Impact of Environment and Safety of Automobiles

―From the Viewpoint of Human Health―

金成　修一*2　　船崎　敦*2
Shuichi KANARI　　Atsushi FUNAZAKI

Abstract

It is necessary to evaluate the impact on the environment and safety of automobile at the same time. However, there has been no common index to evaluate these. The World Health Organization (WHO) uses the Disability Adjusted Life Year (DALY) to evaluate the human health as related to traffic accidents. DALY is also used in Life-Cycle Assessment (LCA), therefore DALY is a candidate index. However, there are two problems. The first is that the definition of DALY as relates to safety differs from that of the environment. The second is that WHO does not describe the calculation process. We will clarify the calculation process of DALY as relates to safety and how DALY differs between safety and the environment. We also evaluate DALY trends in environment and safety in the life cycle from 1980-model-year to 2015-model-year passenger cars.

1．はじめに

自動車の環境面と安全面の向上は重要な課題であるが，これらの間にはトレードオフが存在する．例えば，安全技術や装置の導入は，車両重量増加による燃費の悪化を招く[1]．このため，環境と安全を総合的に評価する必要がある．

世界保健機構（WHO：World Health Organization）では交通事故の健康影響を，死亡と障害を一つの指標で表した障害調整生存年数（DALY：Disability Adjusted Life Year）を用いて評価している[2]．DALY“1”とは障害の重みを考慮した損失余命1年を意味する[3]．一方，DALYはLCA（Life Cycle Assessment）におけるライフサイクル環境影響評価でも使われており[4]，安全と環境の共通指標になると考えられる．しかし，DALYを共通指標として用いる場合，以下の二点が課題として挙げられる．

i）DALYの定義が安全と環境で異なる．

ii）WHOのDALY算出過程が不明確である．

本報では初めに統計データから日本の交通事故によるDALYの算出過程を明確にした．このとき，安全のDALYを，環境のDALYの定義に合わせて換算した．続いてライフサイクルの視点から，1980～2015年製造の乗用車を対象に，環境（地球温暖化，大気汚染など）と安全（交通事故）のDALYを算出し，環境および安全対策の効果の推移を定量的に評価した．

2．DALYの定義と特徴

健康影響の指標であるDALYは，式(1)～(3)で定義される．すなわちDALYは，早期死亡の損失年数であるYLL（Years of Life Lost：生命損失年数）と障害による損失年数YLD（Years Lived with a Disability）の和で表される[3]．

DALYの特徴は，①障害の重み付け，②年齢の重み付け（Fig. 1），③時間割引（Fig. 2）の三つにある．ただし，時間割引と年齢重み付けの有無は現在も議論が続いており，環境面の評価では導入されないことが多い（Table 1）[3), 4)]．

＊1　原稿受理　2008年11月28日
＊2　㈶日本自動車研究所　社会・経済研究室

$$DALY = YLL + YLD \quad (1)$$

$$YLL = \int_{x=a}^{x=a+L} Cx\exp(-\beta x)\exp\{-\gamma(x-a)\}dx \quad (2)$$

$$YLD = \int_{x=a}^{x=a+L_a} DCx\exp(-\beta x)\exp\{-\gamma(x-a)\}dx \quad (3)$$

a：障害が発生した年齢または死亡した年齢

L：期待寿命と死亡年齢の差，La：障害の継続期間

D：障害の重み付け係数，$C = 0.1658$，$\beta = 0.04$，

r：時間割引率（3%）

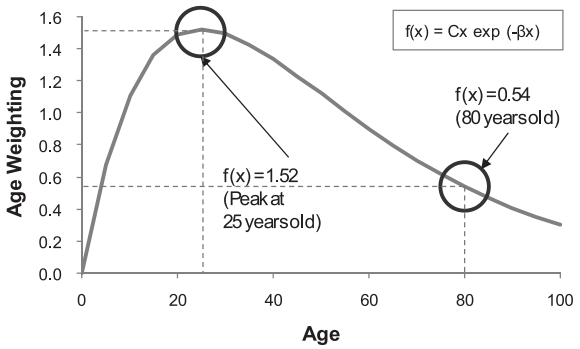

Fig. 1　Age weighting

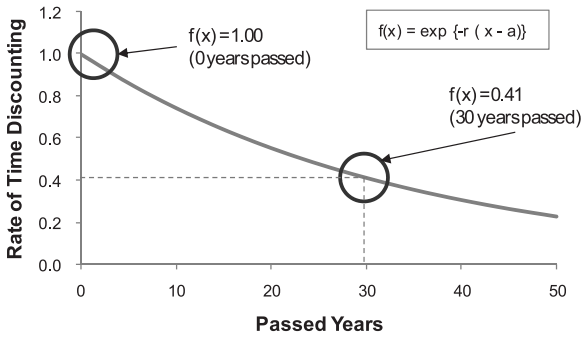

Fig. 2　Rate of time discounting

Table 1　DALY in environment and safety

Field	Disability Weighting	Age Weighting	Time Discount
Environment	○	×	×
Safety	○	○	○

3. 日本の交通事故の評価

WHOは2002年における日本の交通事故の健康被害量を238千DALYと推計しているが[3]，その算出過程は公表されていない．そこで，式(1)～(3)と各種統計データより算出過程の明確化を試みた．また，WHOでは被害に遭う年齢等について簡易的に平均値を用いており，DALYの前述の定義式と一部異なる．そこで両者の定義によるDALYの比較を行った．さらにLCAのDALYでは年齢重み付けと時間割引が導入されていないため，その影響も把握した．

なお，ここでは年齢重み付けと時間割引を含めたDALYの算出方法をWHO方式，両者を含めない方法をLCA方式とよぶこととする．

3.1　YLL（生命損失年数）の推計

厳密にYLLを推計する場合，死亡事故の年齢－死亡者数分布が必要である．年齢分布については(財)交通事故総合分析センターの統計データ(Fig. 3)[5]，死亡者数については警察庁の統計データ[6]を用いた．

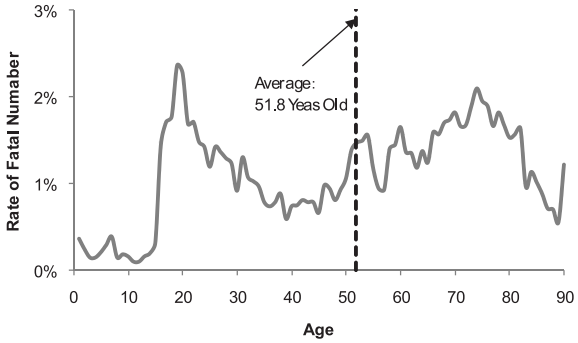

Fig. 3　Age distribution of fatal accident

一方，WHO方式で簡易的に推計する場合，前章の式(2)の a（障害が発生した年齢または死亡した年齢）と L（期待寿命と死亡年齢の差）の平均値が必要である．aは統計[5]から51.8歳（交通事故で死亡した平均年齢）とし，Lは日本人女性の平均期待寿命である82.5歳[3]から51.8歳を差し引いた30.7年を採用した．これらを用いて交通事故のYLLを推計した結果，式(2)を用いた場合は147千DALYとなり，WHO方式の推計値157千DALYと6%の差異があることがわかった．

3.2　YLD（障害による相当損失年数）の推計

交通事故のYLDを推計する上で，傷害事故に遭った年齢分布，負傷者数，障害の継続期間，障害の重み付け係数が必要である．年齢分布，負傷者数については死亡事故の時と同様の統計データ[5), 6)]を引用した．ただし，後遺障害者数についてはデータが不明のため，損害保険料率算出機構が公表

している後遺障害発生率[7]を傷害者数に乗じて算出した．障害の継続期間については，障害の程度別に3種類（後遺障害，重傷，軽傷）設定した．後遺障害では事故発生時から死亡時までとし，重傷，軽傷については警察庁の定義では重傷は完治まで30日以上，軽傷は30日未満と定義されている．そこで，重傷は完治までの最低日数である0.08年（30日），軽傷の場合は中間値の0.04年（15日）とした．障害の重み付けについても継続期間と同様に3種類とし，それぞれの重み付け係数を，後遺障害：0.05, 重傷：0.21（骨折相当の重み付け係数），軽傷：0.07（捻挫相当の重み付け係数）[8]と設定した．

また，WHO方式を用いるために式(3)の a（障害が発生する年齢）と La（障害が発生している期間）を算出した．その結果，a＝37.7歳（傷害事故に遭う平均年齢，YLDでは一定）とし，Laについては，後遺障害は44.8年（事故に遭ってから死亡するまで継続すると仮定），重傷，軽傷については0.08年，0.04年とした．交通事故のYLDの推計結果をTable 2に示す．

Table 2　YLD of traffic accident in Japan
[Unit：DALY]

Item	Conventional Method	Simple Method
Residual Disability	75,109	75,587
Serious Injury	1645	1,847
Minor Injury	3525	3,960
Total (YLD)	80,279	81,394

式(3)で推計した場合は80千DALYとなり，そのうち後遺障害のDALYが94％を占めている．これは後遺障害の継続期間が長いためである．今回の推計では障害の継続期間を事故遭遇時から死亡時までと仮定しており，長期の継続期間により後遺障害の重み付け係数が過小評価されている可能性がある．このため，継続期間の見直しが今後の課題である．また，YLLと同様にWHO方式で計算した場合は81千DALYとなり，式(3)で推計した結果と1％の差異であった．

3. 3　DALYの推計

これまで推計したYLLとYLDから交通事故のDALYを計算した（Table 3）．式(1)～(3)で推計したDALYの内訳を見ると，最も多いのが死亡（YLL）による147千DALY（65％）であり，二番目に多い後遺障害の75千DALY（33％）と併せると，交通事故DALYの98％を占める．これは死亡，後遺障害は重傷，軽傷と比較して損失期間が長いために1人あたりのDALYが大きくなっているためである．

また，式(1)～(3)による推計とWHO方式を比較すると5％未満とその差異は小さい．

Table 3　DALY of traffic accident in Japan
[Unit：DALY]

Item	Conventional Method	Simple Method
Death	147,242	156,604
Residual Disability	75,109	75,587
Serious Injury	1,645	1,847
Minor Injury	3,525	3,960
DALY	227,522	237,998

3. 4　年齢の重み付け，時間割引の検討

年齢の重み付けと時間割引を含めたWHO方式と，両者を含めないLCA方式の算出結果をTable 4に示す．LCA方式のほうがWHO方式より1.8倍大きく，年齢の重み付けと時間割引の影響は無視できないことがわかった．

Table 4　Comparative result of WHO Method and LCA Method
[Unit：DALY]

Item	WHO Method	LCA Method
Death	156,604	294,106
Residual Disability	75,587	135,192
Serious Injury	1,847	1,338
Minor Injury	3,960	2,866
DALY	237,998	433,501

4．自動車1台におけるDALYの経年変化

4. 1　環境のDALYの推計

環境悪化（大気汚染，地球温暖化等）に係わるガソリン乗用車（1.5L）1台あたりのDALYについて1980～2015（予測）年にわたり推計を行った（Fig. 4）[9]．ここで環境のDALYとはライフサイクル（使用年数10年）で考えており，製造，使用，廃棄段階を含んでいる．例えば，1980年の棒グラフは，1980年製造乗用車のライフサイクルにわた

る環境面のDALYを表している．2015年車はポスト新長期規制および2015年度燃費規制に対応するものとした．その結果，環境のDALYは1980年以降減少しており，2015年車は1980年車と比較して，DALYが半分以下になると推定される．

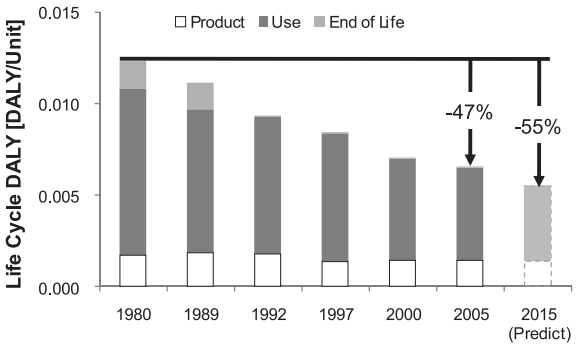

Fig. 4　Environment DALY（1980-2005）

4.2　安全のDALYの推計

自動車1台あたりのライフサイクルにおける安全のDALYを1980～2010（予測）年にわたり推計を行った（Fig. 5）．ただし，算出方法はLCA方式による．ここでは四輪車関連事故におけるDALYの合計値（四輪車が関連する事故は，自動車の単独および相互事故，自動車対二輪車，自転車および歩行者相互事故を対象）を保有台数で除算し，使用年数（10年）を乗じたものとした．2010年の推計には，死傷者数は第8次交通安全基本計画の目標値[10]，保有台数については国土交通省の推計[11]を使用し，その他の条件については2005年と同様とした．その結果，2010年車では1980年車よりも70%近く削減される結果となった．これはシートベルトやエアバッグなどの安全装置の普及による事故被害の軽減だけでなく，事故の被害に遭う年齢の高齢化（2005年は1987年と比較して，平均年齢は10歳以上高い）も影響していると考えられる．

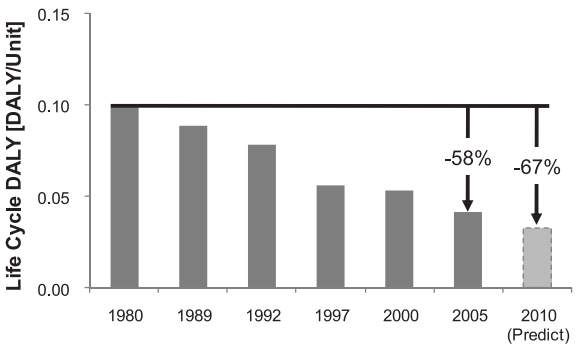

Fig. 5　Safety DALY（1980-2010）

5. おわりに

本報では交通事故のDALY推計方法について検討し，下記のことがわかった．

①日本の交通事故のDALYでは死亡と後遺障害が99%を占める（LCA方式の場合）．

②WHO方式（簡便な推計方法）を用いた場合，厳密な推計方式（年齢－死亡・障害者数分布を考慮）との差異は5%未満であった．

③年齢の重み付けと時間割引を考慮しないLCA方式は両者を考慮するWHO方式と比較して，1.8倍大きくなる．

さらに，1980～2015年に製造される乗用車のライフサイクルにわたる環境・安全面のDALYを推計し，その対策効果を定量的に評価した．

今後の課題として，人間健康だけでなく，物的損失や渋滞の損失など社会資産の評価が挙げられる．

参考文献

1）谷下雅義ほか：自動車安全規制の費用便益分析，ITEC Working Paper Series 06-16（2006）
2）Death and DALY estimates for 2002 by cause for WHO Member States, WHO,（2004）
3）P. Hofstetter：Perspectives in Life Cycle Impact Assessment, Kluwer Academic Publishers（1998）
4）伊坪徳宏，稲葉　敦：ライフサイクル環境影響評価手法，（社）産業環境管理協会，（2005）
5）交通事故統計年報 平成14年版，（財）交通事故総合分析センター（ITARDA），（2003）
6）平成18年中の30日以内交通事故死者の状況，警察庁交通局，（2007）
7）自動車保険の概況（平成16年度），損害保険料率算出機構，（2005）
8）Global Burden of Disease and Risk Factors, WHO,（2005）
9）船崎　敦：持続可能な自動車社会に向けたモビリティの評価とLCA，日本LCA学会誌，2-2，p.145-151（2006）
10）日本の自動車工業2008，（社）日本自動車工業会（2008）
11）交通需要推計検討資料，国土交通省 道路局 企画課，道路経済調査室（2002）